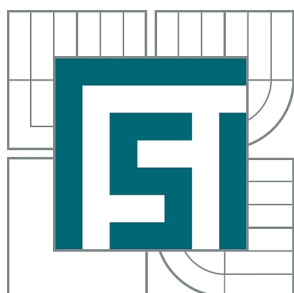




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

POKROČILÉ KONCEPCE VÝCVIKOVÝCH KLUZÁKŮ

ADVANCED CONCEPTION OF SCHOOL GLIDERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN ŠPONER

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN WEIS

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Letecký ústav

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Šponer

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pokročilé koncepce výcvikových kluzáků

v anglickém jazyce:

Advanced conception of school gliders

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte ucelený souhrn požadavků na výcvikový kluzák. Proved'te rozbor vývoje koncepce dvoumístných kluzáků a určete jejich vhodnost pro výcvik. Doporučte vhodné koncepční úpravy pro vytvoření nejvhodnějšího výcvikového kluzáku.

Cíle bakalářské práce:

Vypracujte rozbor vývoje koncepce dvoumístných kluzáků a doporučte koncepční úpravy pro vytvoření vhodného výcvikového kluzáku.

Seznam odborné literatury:

[1] Fred Thomas: Fundamentals of sailplane design, College Park Press, 1999

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Weis

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 26.11.2010



prof. Ing. Antonín Pištěk, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Práce nabízí náhled v jakých režimech letu nejčastěji létá výcvikový kluzák a jaké jsou na něj kladeny nároky. Ty závisejí na požadavcích výcvikové osnovy, aeroklubů, instruktorů a samotných žáků. Naleznete zde výběr používaných kluzáků pro výcvik v České republice a Československu od roku 1950 a zhodnocení kladných a záporných vlastností těchto kluzáků. Dále je nastíněno, jak by měl koncepčně vypadat nejvhodnější kluzák pro výcvik nových pilotů.

KLÍČOVÁ SLOVA

výcvik, kluzák, osnova, aerovlek, naviják, stabilita, koncepce

ABSTRACT

The bachelor's thesis offers a view of flight regimes of school glider and the demands placed on it. These demands depend on requirements of the training plan, aero clubs, instructors and students themselves. You will find a selection of gliders for training used in the Czech Republic and Czechoslovakia from 1950 and evaluation of positive and negative properties of these gliders. Further on, it is outlined how the best glider for training new pilots should look like.

KEYWORDS

training, glider, plan, aerotow, winch, stability, conception

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠPONER, Jan. *Pokročilé koncepce výcvikových kluzáků*.

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 57 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Weis

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Pokročilé koncepce výcvikových kluzáků“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Brno

.....

(podpis autora)

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Weissovi za odborný dohled, cenné rady a připomínky, které mi poskytl. Dále poděkování patří mé rodině, která mě podporuje při studiu.

OBSAH

1	Úvod	11
2	Historie plachtění	12
2.1	Plachtění ve světě	12
2.2	Plachtění v Československu	12
2.3	Výcvik pilotů	12
3	Rozbor osnovy výcviku na kluzácích	14
3.1	Základní výcvik	14
3.2	Pokračovací a sportovní výcvik	14
3.3	Výcvik v létání podle přístrojů	14
3.4	Výcvik vyšší a vysoké pilotáže	15
4	Časté režimy letu	16
5	Požadavky kladené na výcvikový kluzák	18
5.1	Požadavky výcvikové osnovy	18
5.2	Požadavky pro sportovní výkony	18
5.2.1	Klouzavost	18
5.2.2	Rychlostní polára	19
5.3	Hmotnostní požadavky	20
5.3.1	Aerovlekový start	21
5.3.2	Navijákový start	21
5.4	Náročnost pilotáže	22
5.5	Stabilita	22
5.6	Manipulace po zemi	25
5.7	Odolnost konstrukce	25
5.7.1	Potah kluzáku	25
5.7.2	Podvozek	25
5.8	Systém údržby	26
5.9	Cena za letovou hodinu	27
5.10	Bezpečnost	27
6	Výcvikové kluzáky	28
6.1	LG-130 Kmotr	28
6.1.1	Křídlo	28
6.1.2	VOP a SOP	29

6.1.3	Trup	29
6.1.4	Kabina	29
6.1.5	Podvozek	29
6.1.6	Náročnost pilotáže	30
6.1.7	Provozní omezení	30
6.1.8	Systém údržby	30
6.2	LF-109 Pionýr	31
6.2.1	Křídlo	31
6.2.2	VOP a SOP	31
6.2.3	Trup	32
6.2.4	Kabina	32
6.2.5	Podvozek	32
6.2.6	Náročnost pilotáže	32
6.2.7	Provozní omezení	33
6.2.8	Systém údržby	33
6.3	L-13 Blaník	33
6.3.1	Křídlo	34
6.3.2	VOP a SOP	35
6.3.3	Trup	35
6.3.4	Kabina	36
6.3.5	Podvozek	36
6.3.6	Náročnost pilotáže	37
6.3.7	Provozní omezení	37
6.3.8	Systém údržby	37
6.4	L-13A, L-23, L-13AC	38
6.4.1	L-13A	38
6.4.2	L-23	39
6.4.3	L-13AC	39
6.5	Grob G-103 Twin Astir	40
6.5.1	Křídlo	40
6.5.2	VOP a SOP	41
6.5.3	Trup	41
6.5.4	Kabina	41
6.5.5	Podvozek	41
6.5.6	Náročnost pilotáže	41
6.5.7	Provozní omezení	42
6.5.8	Systém údržby	42
6.6	DG-1001	43
6.6.1	Křídlo	43

6.6.2	VOP a SOP	44
6.6.3	Trup	44
6.6.4	Kabina	44
6.6.5	Podvozek	45
6.6.6	Náročnost pilotáže	45
6.6.7	Provozní omezení	46
6.6.8	Systém údržby	46
7	Závěr	47
	Literatura	50
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	53
	Seznam příloh	55
A	Univerzální osnova výcviku	56
B	Aerovleková osnova výcviku	57

SEZNAM TABULEK

6.1	Technická data kluzáku LG-130 Kmotr	30
6.2	Technická data kluzáku LF-109 Pionýr	33
6.3	Technická data kluzáku L-13 Blaník	38
6.4	Technická data kluzáku G-103 Twin Astir	43
6.5	Technická data kluzáku DG-1001S	46

1 ÚVOD

K létání vede mnoho cest. Jednou z těch cenově dostupnějších je výcvik pilota kluzáku. Mnoho lidí potvrdí, že plachtění je létání nejkrásnější a člověk se nejvíce přiblíží k životům káňat, orlů, čápů či jiných ptáků obývajících naši planetu. Tito ptáci využívají vzestupné proudy k získání výšky, kterou poté promění v uletěnou vzdálenost.

V současné době se pro výcvik pilota kluzáku využívají dvoumístné větroně. Většina z těch, které se používají v České a Slovenské republice, byla postavena v 60. až 80. letech 20. století a dnes již pomalu dosluhují. Ačkoli aktuálním problémem u nejrozšířenějšího českého výcvikového letadla L-13 je únavové porušení dolní tahové pásnice, ke kterému došlo v červnu roku 2010 v Rakousku při akrobacii, jejich životnost není nekonečná a dříve nebo později se tato výcviková flotila bude muset vyměnit.

Otázkou zůstává, zda právě české kluzáky řady L-13 – L-23 nebo kluzáky vyráběné v současné době či dříve, jsou právě těmi nejvhodnějšími pro výcvik nových pilotů a zda splňují požadavky, jež vyplývají ze současných potřeb aeroklubů, výcvikových osnov, instruktorů, letištní techniky, bezpečnosti a ekonomické situace. S tím vším souvisí, za jakých podmínek bude kluzák provozován, jaké se od něj očekávají vlastnosti, výkony, možné režimy letu, ale třeba i provozní omezení, systém údržby nebo cena letové hodiny.

Dle všech předchozích požadavků je třeba zvolit nejvhodnější aerodynamické vlastnosti kluzáku, uspořádání ocasních ploch, ergonomii kabiny, konstrukci křídel, trupu, ocasní části a podvozku nebo technologii výroby.

2 HISTORIE PLACHTĚNÍ

2.1 Plachtění ve světě

Koncem 19. století se létáním zabývali bratři Wrightové. Plachtění, pokud to tak můžeme nazvat, tehdy sloužilo jen jako předpoklad pro létání motorové. Toto téma začalo být aktuální poté, co byl v roce 1877 patentován Ottův výbušný motor. První motorový let pak byl uskutečněn koncem roku 1903. Zdokonalováním motorových letadel, jakoby se na kluzáky zapomnělo. Jejich rozvoji pomohla až Versailleská smlouva uzavřená v roce 1919, která kromě jiného zakazovala vlastnit Německu motorová letadla. Byla proto oživena myšlenka bezmotorového létání, a aby byla co nejvíce podpořena, tak se v roce 1920 konaly první závody v oblasti Rhön. Zde se dalo hovořit o letech trvajících desítky sekund a dlouhých v řádu stovek metrů.

2.2 Plachtění v Československu

V Československu můžeme počátky plachtění datovat od roku 1924, kdy se na medláneckých kopcích konala I. národní soutěž plachtových letadel u Brna a zúčastnilo se jí osm kluzáků, z toho dva mimo soutěž [1]. Plk. Skála mimo soutěž vytvořil nový národní rekord v délce letu 1650 metrů a časem 2 hodiny 21 minut [2], který se i z dnešního pohledu zdá jako nadčasový, když si uvědomíme, že piloti ještě neměli potřebné znalosti pro létání ve stoupavých proudech.

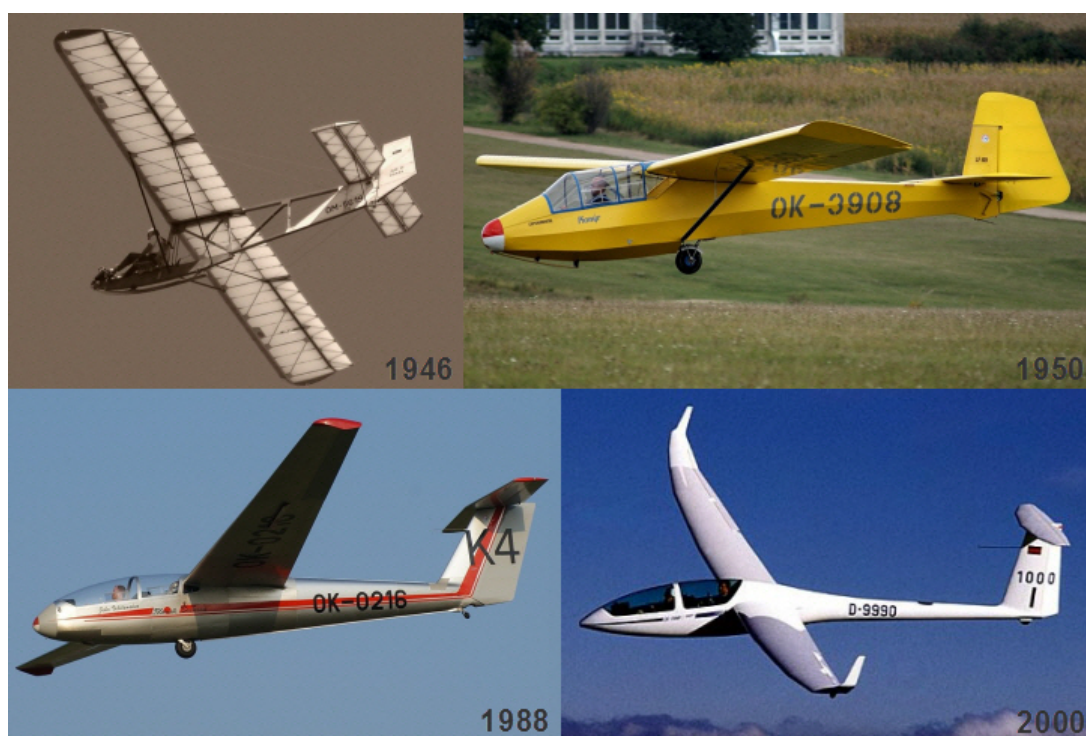
Veškerá letecká činnost byla ukončena v roce 1939 vpádem Němců a všechna letadla byla zabavena. V Medláncích bylo roku 1942 zřízeno výcvikové plachtařské středisko pro Luftwaffe, kterému velel rakouský plachtař Anton Kalbacher. Ten naštěstí na konci války neuposlechl rozkazu zničit veškerou leteckou techniku používanou Němci, a tak se mohlo nedlouho po osvobození opět začít s plachtařským výcvikem [1].

2.3 Výcvik pilotů

Výcvik nových pilotů byl ze začátku prováděn na jednosedadlových kluzácích. Žák byl obeznámen s řízením kluzáku, balancoval na zemi křídly ve větru a jeho prvními lety byly krátké skoky. Ty probíhaly startem z gumového lana na kopci. V místech, kde nebyly žádné kopce, táhli kluzák za automobilem, následně za motorovým letadlem.

K bezpečnějšímu a efektivnějšímu výcviku vedlo použití dvoumístných kluzáků. To umožnilo instruktorovi přímo sledovat chyby, kterých se žák dopouští, zamezit

nebezpečným situacím, a tak prodloužit život kluzáku i žáka. První dvoumístné kluzáky byly koncipovány jako dřevěné samonosné středoplošníky (LG-130 Kmotr, DFS Kranich, Gö-4 Gövier, KSM-1, K-7), případně dřevěný hornoplošník se vzpěrami potažený plátnem (LF-109 Pionýr). Koncem padesátých let byl postaven celokovový samonosný hornoplošník L-13 Blaník. V Německu v polovině šedesátých let ASK-13 s trupem příhradové konstrukce a dřevěnými křídly. V té době přišla revoluce v používaných materiálech pro výrobu letadel, když se začaly využívat kompozitové materiály. Vytlačily do té doby vládnoucí dřevo i kov a v dnešní době se již jiné kluzáky než laminátové nevyrábějí včetně dvoumístných. Konstruuji se jako samonosné středoplošníky s uspořádáním posádky za sebou, ocasionálními plochami ve tvaru „T“ a laminárním profilem křídla.



Obr. 2.1: Evoluce vývoje výcvikových kluzáků [3] [4]

3 ROZBOR OSNOVY VÝCVIKU NA KLUZÁCÍCH

V České republice se výcvik pilota kluzáků (dále jen výcvik) provádí dle Osnovy výcviku na kluzácích AK-PL 2006, novelizované a platné od 1. 4. 2006 [5]. Výcvik se dělí na základní, pokračovací a sportovní. Dále je možné odlétat výcvik v létání podle přístrojů, výcvik vyšší a vysoké pilotáže.

3.1 Základní výcvik

Osnova základního výcviku na kluzácích odpovídá požadavkům postupu CAA-ZLP-049 [6], který vydal ÚCL. Lze jej provádět pouze na kluzáku s plně funkčním dvojím řízením. Cílem základního výcviku je, aby žák bezpečně zvládnul start, let po okruhu, přistání, a to za různých druhů počasí. Dále je nezbytné, aby uměl rychle a s rozvahou řešit mimořádné případy, které mohou za letu nastat. Jsou to zejména prasknutí navijákového lana, neodepnutí ze závěsů vlečného lana, zablokování brzdících klapek v zavřené i otevřené poloze, nefunkčnost, případně zablokování nožního nebo ručního řízení. Létají se cvičné lety k nácviku řízení aerovleku, uvádění a vybírání pádů, spirál a vývrtek s důrazem na co nejmenší ztrátu výšky, dále ostré zatáčky, skluzy a nácvik přistání do terénu. Výcvik je zakončen pilotní zkouškou, kde žák předvede několik výše uvedených prvků.

3.2 Pokračovací a sportovní výcvik

Osnova pokračovacího výcviku je koncipována tak, aby se čerstvý pilot kluzáku naučil hledat a ustřeďovat vzestupné vzdušné proudy, bezpečně se v nich pohyboval s ostatními kluzáky¹ a zvládl srovnávací navigaci. To vše by mu poté mělo pomoci k získání odznaku FAI D, který zahrnuje tři podmínky. Jsou to: převýšení 1000 metrů, samostatný přelet po plánované trati s minimálně jedním otočným bodem ve vzdálenosti minimálně 50 km od místa vzletu a 5-ti hodinový samostatný termický let. Sportovní výcvik obsahuje výkonné rychlostní přelety a lety na vzdálenost, cvičné a samostatné lety v dlouhé vlně, případně lety ve dvouvleku.

3.3 Výcvik v létání podle přístrojů

Výcvik lze provádět na kluzácích s plně pracujícím dvojím řízením, instruktor sedí na předním sedadle. Pilot se učí řídit kluzák pouze pomocí přístrojů, bez možnosti vnější orientace pohledem z kabiny. Musí zvládnout všechny režimy letu, tj. od

¹pravidla se řídí dle [7]

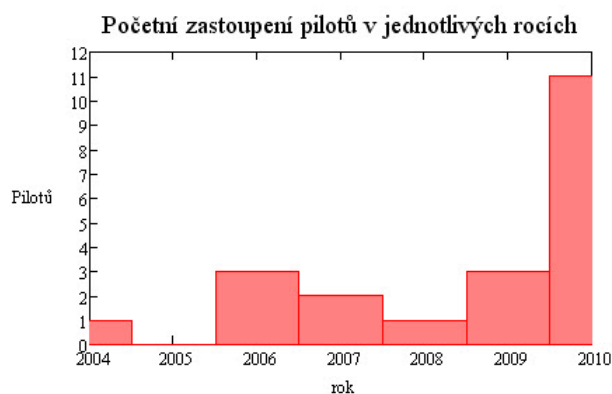
rovného přímočarého letu, přes zatáčky vybírané do stanovených kurzů, ustředování stoupavých proudů, až po vybírání ostrých zatáček, pádů, spirál a vývrtek.

3.4 Výcvik vyšší a vysoké pilotáže

Výcvik vyšší a vysoké pilotáže lze provádět na kluzácích, které splňují podmínky pro provádění akrobatického výcviku. Pilot se zde učí následující prvky: přemet, souvrat, zvrát, překrut, let na zádech a ve výcviku vysoké pilotáže také obraty s negativním násobkem, zádové vývrtky, vertikálně řízené výkruty, autorotační prvky a nácvik akrobatických sestav.

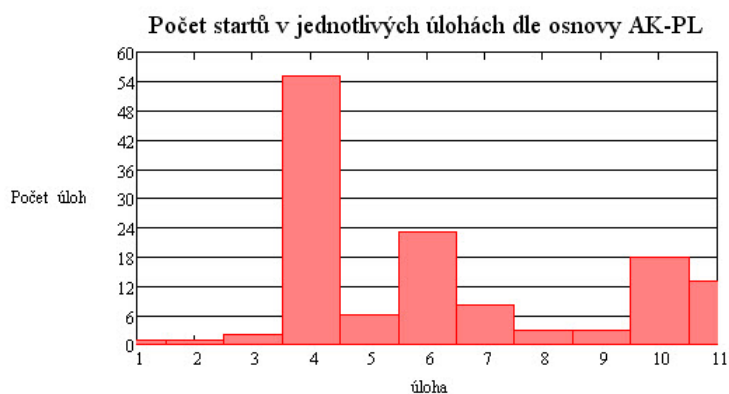
4 ČASTÉ REŽIMY LETU

Následující hodnoty¹ vycházejí z údajů, které byly získány od pilotů létajících základní výcvik podle osnovy AK-PL 2004 a novější, ve kterých se žák po absolvování základního výcviku stává pilotem. Údaje pocházejí z deseti aeroklubů České republiky a průzkumu se zúčastnilo celkem 21 pilotů. Na obrázku 4.1 lze vidět počet pilotů, kteří zaslali údaje o svém výcviku v závislosti na roku, kdy ukončili výcvik pilota kluzáků. Nejvíce dat tedy pochází z roku 2010, nejméně pak z roku 2005.



Obr. 4.1: Početní zastoupení pilotů, kteří odeslali údaje o výcviku

Graf 4.2 ukazuje, které úlohy létá kluzák v základním výcviku nejčastěji a kolik jich každý žák odlétá.



Obr. 4.2: Průměrný počet startů pro jednotlivé typy úloh dle osnovy AK-PL

¹Hodnoty jsou průměrné

Nejvíce se létají úlohy 1/4, kterých každý žák odlétá 55. Dále stojí za zmínku úloha 1/6, u které žák stráví 23 startů a pak úloha 1/10 s 18-ti starty. Popisy jednotlivých úloh jsou uvedeny v přílohách A a B této práce.

Pilotem kluzáku se žák stane průměrně po 15,5 hodinách výcviku, z nichž 3 hodiny jsou sólo lety. Potřebuje k tomu asi 100 navijákových startů a 22 aerovleků při univerzální osnově, nebo 75 aerovleků v osnově aerovlekové. Naprostá většina pilotů létala výcvik na kluzáku L-13, L-13A nebo L-23. 19 z 21 pilotů létalo univerzální osnovu a výcvik odlétali za 1,5 roku. Ti, kteří létali aerovlekovou osnovu, byli piloty za necelý rok. Ročně se do aeroklubu přihlásí zhruba sedm nových žáků, z nichž výcvik dokončí tři. Výcvikové letadlo nalétá za rok asi 125 hodin.

5 POŽADAVKY KLADENÉ NA VÝCVIKOVÝ KLUZÁK

5.1 Požadavky výcvikové osnovy

Jelikož chceme široké využití výcvikového kluzáku, musí pokrývat většinu požadavků výcvikové osnovy [5]. Tedy mít dvojí řízení, možnost aerovlekového a navijákového startu. K tomu je zapotřebí aerovlekového závěsu a navijákového s bočními závěsy nebo závěsem v těžišti. Dále schopnost provádět vývrtky, ostré pády, mírné pády, spirály, ostré zatáčky a skluzy, termické lety a lety v dlouhé vlně. Pro využití pro výcvik v létání podle přístrojů musí být osazen přístroji pro tento druh letu. Ačkoli akrobacie na kluzácích se dnes ubírá vlastní cestou a konstrukce těchto kluzáků je určena především pro akrobatické lety a nepředpokládá se základní výcvik na těchto letadlech, pro seznámení se s akrobacií a odlétáním výcviku alespoň vyšší pilotáže, je nutné, aby kluzák splňoval i podmínky pro provádění akrobatického výcviku. Zde se létají prvky: přemet, souvrat, zvrat, překrut, let na zádech a to v sólu i dvojím obsazení.

5.2 Požadavky pro sportovní výkony

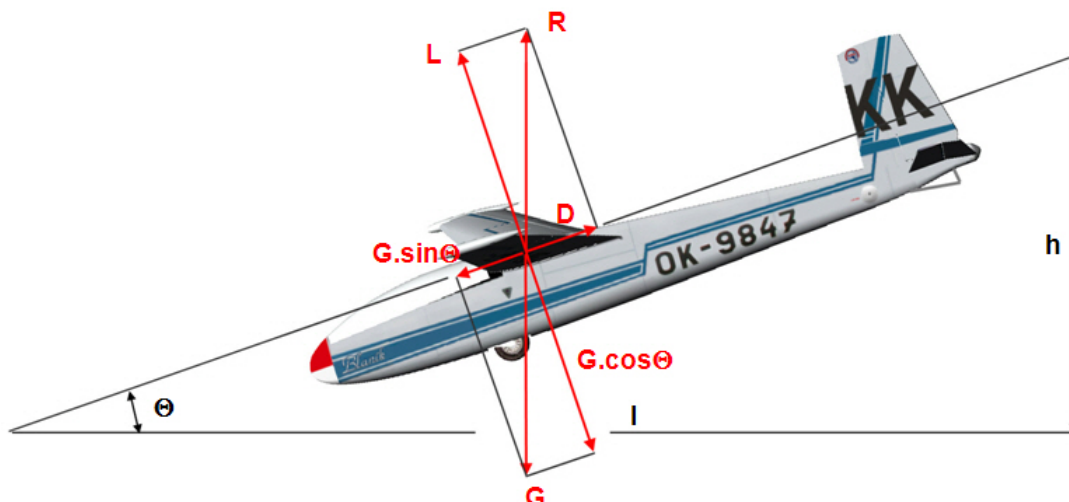
Většina nových pilotů kluzáku přechází do pokračovacího výcviku, aby jej následně zakončili prvním samostatným přeletem a dále dosahovali lepších a lepších sportovních výkonů. Ty se hodnotí zejména na základě uletěné vzdálenosti, počtu otočných bodů, průměrné rychlosti a případně dosažené výšky.

5.2.1 Klouzavost

Výkonnost kluzáku se hodnotí klouzavostí, která udává poměr vzdálenosti l , kterou uletí větroň během klouzavého letu z dané výšky h [8]. Klouzavost odvodíme z podobností trojúhelníků na obr. 5.1:

$$K = \frac{l}{h} = \frac{L}{D} = \frac{c_L}{c_D}$$

Z rovnice je také zřejmé, že klouzavost se bude zvyšovat tehdy, pokud budeme zvyšovat součinitel vztlaku c_L a snižovat součinitel odporu kluzáku c_D .



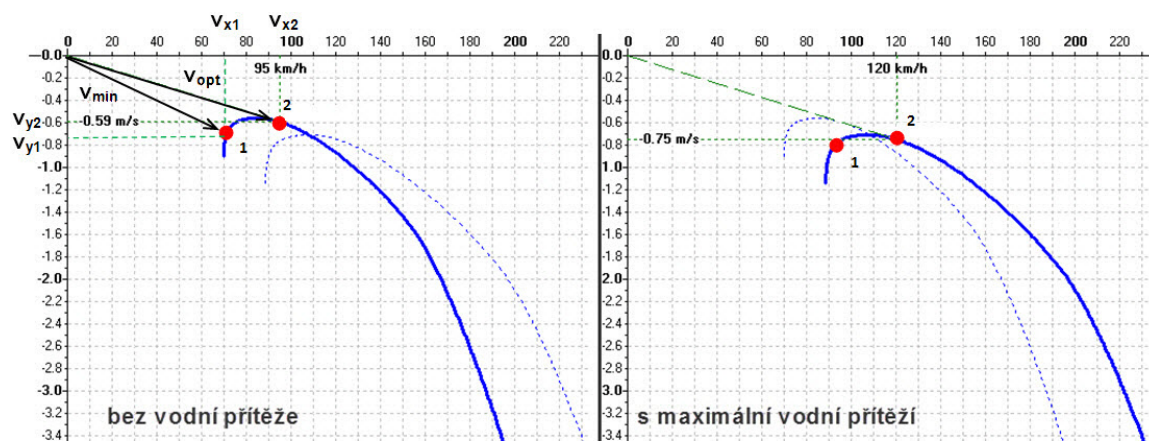
Obr. 5.1: Rovnováha sil v klouzavém letu [8]

5.2.2 Rychlostní polára

Dalším parametrem je průměrná rychlost, kterou na této vzdálenosti kluzák dosáhne. Pokud vykreslíme závislost mezi horizontální složkou rychlosti v_x a vertikální složkou v_y dostaneme tzv. rychlostní poláru 5.2.

Pro větroň jsou na ní důležité zejména body 1 a 2. *Bod 1* určuje nejmenší vodorovnou rychlost v_{x1} , kterou může kluzák dosáhnout při rychlosti klesání v_{y1} . Vektorový součet rychlostí v_{x1} a v_{y1} pak označujeme v_{min} a je to minimální rychlost, při které je větroň ještě schopen klouzavého letu. *Bod 2* je bodem, při kterém má větroň největší klouzavost a zároveň je bodem dotyku přímky vedené počátkem souřadnicového systému, která je zároveň tečnou rychlostní poláry. Vektorový součet rychlostí v_{x2} a v_{y2} pak označujeme v_{opt} . Pouze touto rychlostí větroň doletí nejdále. Za zmínku stojí i bod, ve kterém bude mít kluzák nejmenší rychlost v_y . Tento bod je bodem dotyku přímky vedené rovnoběžně s osou v_x a rychlostní poláry. Tato rychlost se nazývá v_{ek} a dovoluje kluzáku zůstat ve vzduchu nejdelší dobu.

Snahou je, létat přelety co nejvyšší možnou průměrnou rychlostí a tedy mít co nejvyšší rychlost přeskokovou. Toho můžeme docílit zvětšením hmotnosti větroně, respektive plošným zatížením, které nám udává hmotnost na jednotku plochy křídla. Zvýšením hmotnosti se nemění tvar poláry, jen se celá posune k vyšším rychlostem, ale klouzavost zůstane stejná. Toho se dá docílit například přidáním vodní zátěže do křídel větroně.



Obr. 5.2: Rychlostní polára kluzáku Discus 2

5.3 Hmotnostní požadavky

Hmotnost kluzáků je omezena předpisem CS-22 [9], platným pro kluzáky nepřekračující maximální hmotnost 750 kg.

- (a) *Maximální hmotnost. Maximální hmotnost musí být stanovena tak, aby:*
- (1) *nebyla vyšší než:*
 - (i) *nejvyšší hmotnost zvolená žadatelem;*
 - (ii) *návrhová maximální hmotnost, která je nejvyšší hmotností, při níž je prokázáno vyhovění všem souvisejícím podmínkám konstrukčního zatížení dle těchto CS-22; nebo*
 - (iii) *nejvyšší hmotnost, při které je prokázáno vyhovění všem letovým požadavkům těchto CS-22.*
 - (2) *nebyla nižší než hmotnost vzniklá součtem hmotnosti prázdného kluzáku, hmotnosti osob(y) a padáku(ů) na palubě, kde se uvažuje hmotnost 110 kg pro jednosedadlový kluzák a 180 kg pro dvousedadlový kluzák, hmotnosti vyžadovaného minimálního vybavení, odhoditelné zátěže a u motorových kluzáků paliva pro minimálně půl hodiny letu při maximálním trvalém výkonu.*
- (b) *Minimální hmotnost musí být stanovena tak, aby nebyla vyšší než součet:*
- (1) *hmotnosti prázdného kluzáku určené dle CS 22.29; a*
 - (2) *hmotnosti osoby na palubě a padáku ve výši 55 kg plus případné zátěže dle CS 22.31(c).*

5.3.1 Aerovlekový start

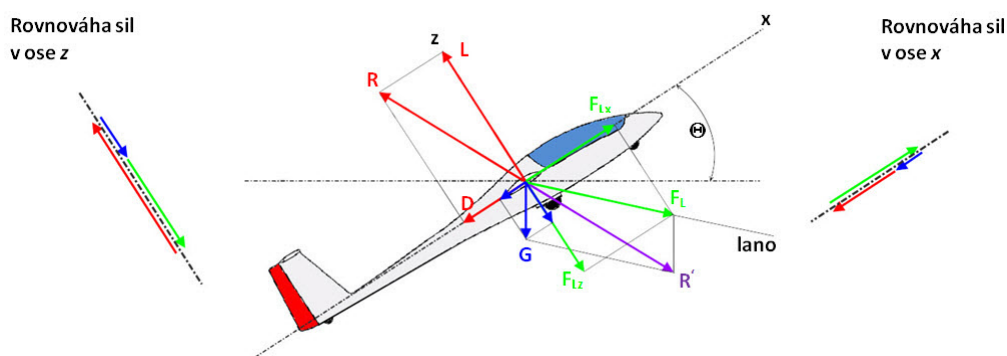
Dnes je hojně využíváno ultralehkých vlečných letadel pro vlečení kluzáků. Požadavky pro vlečení kluzáků ultralehkými letouny (SLZ) určuje příloha III. předpisu UL-2 [10]. Z těchto požadavků jsou (co se týče hmotnosti) důležité tyto:

- (a) *Délka startu aerovleku pro maximální hmotnost a klidné ovzduší od klidového stavu po dosažení výšky 15 m musí být stanovena na suchém, rovném, krátce stríženém travnatém povrchu při normálních podmínkách. Může být nejvýše 600 m.*
- (b) *Čas pro výstup od odlepení do výšky 360 m nad místem startu nesmí překročit 4 minuty, přičemž je použito startovního (maximálního) výkonu a klapky se nacházejí v poloze pro start.*
- (c) *Nejlepší stoupací rychlost aerovleku musí být vyšší než 1,5 m/s při maximálním výkonu a s maximální vzletovou hmotností.*

Všechny výše uvedené hodnoty závisí (kromě jiného) na hmotnosti kluzáku. S vyšší hmotností se zvětšuje délka startu, doba vleku a klesá stoupací rychlost celého aerovleku. Kvůli překážkám kolem letiště, musíme při startu zajistit bezpečný gradient stoupaní aerovleku¹. I proto, by měla být hmotnost kluzáku nízká.

5.3.2 Navijákový start

Při navijákovém startu jsme omezeni výkonem motoru navijáku a pevností lana. Podle obrázku 5.3 je zřejmé, že čím větší bude tíhová síla G , tím větší bude muset být tahová síla F_e a tedy potřebný výkon navijákového motoru musí být větší. Napětí působící v laně bude rovněž větší.



Obr. 5.3: Rozklad sil při navijákovém startu

¹Za běžných podmínek aerovlek WT9 Dynamic a L-23 Blaník o hmotnosti 500 kg má sledované hodnoty následující: délka startu: 300 m, čas od odlepení do výšky 360 m: 3 min, průměrná stoupací rychlost 2 m/s

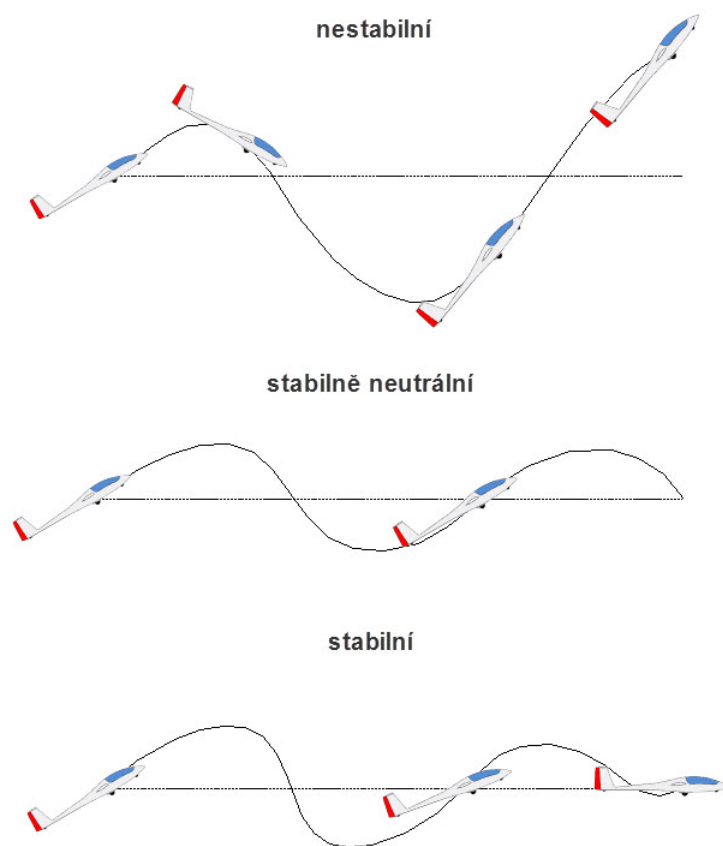
5.4 Náročnost pilotáže

Náročnost pilotáže výcvikového kluzáku by měla být taková, aby žák, který nemá předchozí zkušenosti s létáním, nebyl plně vytížen řízením, ale svoji pozornost mohl přenést například na sledování výšky, rychlosti letu, okolního provozu nebo rozpočtu na přistání. Pokud by měla nastat mimořádná událost, musí kluzák žáka včas varovat. Před blížícím se pádem to je nepřírozeně natažená příď nad horizont, tišící se hluk v kabině kluzáku, ručička rychloměru blízko pádové rychlosti, měknoucí síly v řízení a třepání kluzáku v důsledku odtrhávajících se proudnic od křídla, jehož úhel náběhu se blíží maximálnímu. Před pádem do vývrtky je to zejména nízká rychlost a nepřírozeně vyšlápnuté nožní řízení a dotažená řídicí páka. U výcvikového kluzáku je výhodné mít závěs pro aerovlek před těžištěm kluzáku. Aerovlek je pak mnohem snáze říditelný, včetně rozjezdu.

Rychlost letu si žák nejvíce uvědomuje silami v řízení. Ty by se měly zvětšovat s rostoucí rychlostí letu, aby si tuto skutečnost žák uvědomil, případně nedělal hrubé výchylky s řízením, což může vést k překročení letové obálky zatížení. Na druhou stranu, předpokládá se, že po absolvování základního, případně pokračovacího výcviku, se pilot přeškolí na výkonnější kluzáky. Zde je náročnost pilotáže již vyšší, zejména proto, že větroň tak výrazně neupozorňuje na blížící se mimořádné režimy letu. Žák musí být připraven na to, že ve výkonnějších kluzácích nebudou síly v řízení úměrně stoupat se zvětšující se rychlostí, ale budou stále malé, protože pilot v takovém kluzáku tráví na přeletu i 8 hodin a nesmí být pilotáží zbytečně zatěžován.

5.5 Stabilita

Aby byl kluzák říditelný pomocí lidských smyslů, musí být stabilní. Pokud je kluzák stabilní, pak poruchami vyvolané odchylky kinematických veličin se zmenšují [11]. Poruchy jsou zejména změny úhlu nabíhajícího proudu vzduchu, způsobené například vzestupnými a sestupnými vzdušnými proudy. Pokud by byl kluzák nestabilní, je pro normální létání nepoužitelný, protože po poruše dráhy letu není schopen ji znovu obnovit a výchylka se zvětšuje. Jakýkoli zásah do řízení tuto situaci ještě zhorší. Lepší je to s neutrální stabilitou, kdy by kluzák po poruše zachoval novou změněnou polohu, ale původní by již neobnovil. Pro jakékoli létání je tedy vhodné, aby byl kluzák stabilní. Po poruše dráhy letu se snaží obnovit původní letový stav. Rozeznáváme stabilitu statickou a dynamickou [12]. Ty se dále dělí na podélnou a stranovou.



Obr. 5.4: Základní letové stavy

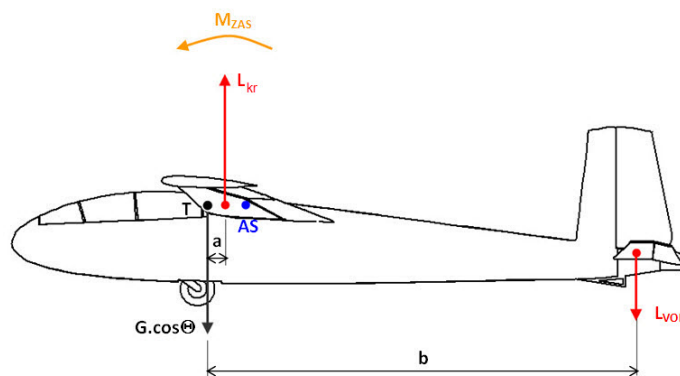
Podélná statická stabilita

Při posuzování podélné statické stability je nejdůležitější vzájemná poloha hmotového těžiště letadla a neutrálního bodu. Letadlo je podélně staticky stabilní pouze v případě, že hmotové těžiště se nachází před neutrálním bodem letadla [8]. V obrázku 5.5 předpokládáme klouzavý let a dále, že poloha neutrálního bodu je totožná s aerodynamickým středem letadla. To je takové místo, pro které můžeme součinitel klopivého momentu v určitém rozsahu úhlů náběhu považovat za konstantní.

Z obrázku 5.5 můžeme psát rovnici rovnováhy:

$$L_{kr} \cdot a + M_{ZAS} = L_{VOP} \cdot b$$

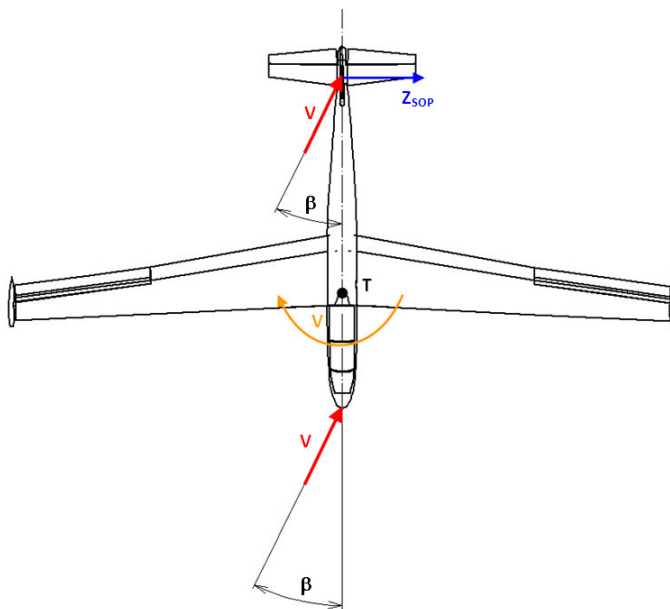
kde a je vzdálenost působíště vztlačové síly L_{kr} od těžiště T , M_{ZAS} je klopivý moment křídla vztažený k aerodynamickému středu křídla AS a b je vzdálenost působíště vztlačové síly L_{VOP} generované vodorovnou ocasní plochou od těžiště T .



Obr. 5.5: Podélná momentová rovnováha v klouzavém letu

Směrová statická stabilita

Směrová statická stabilita je zajištěna především svislou ocasní plochou. Při vybočení je svislá ocasní plocha nesymetricky obtékána a vzniká zde boční síla Z_{SOP} , která vytváří vůči těžišti zatačivý moment, který vrací kluzák do původního režimu ofukování. Toto platí pouze u SOP, které mají polohu za těžištěm, což je u všech kluzáků splněno.



Obr. 5.6: Směrová stabilita

Stejným způsobem ovlivňuje směrovou stabilitu při vybočení trup. To, zda bude moment vyvozený trupem stabilizující nebo destabilizující závisí na poloze výsledné

boční síly trupu a těžiště. Tak jako u SOP platí, že pokud bude za těžištěm kluzáku, je moment stabilizující a naopak.

5.6 Manipulace po zemi

S kluzákem, který létá navijákové starty je nutno často manipulovat po zemi. Denně se může provést až 100 navijákových startů a přistání a kluzák je vždy nutno dopravit na start. Kluzák tedy může najezdit po zemi i 10 kilometrů. Tlačí se buď lidskou silou nebo pomocí automobilu. V prvním případě je nutné, aby na kluzáku byla místa, která mohou být namáhána tlakem a nepoškodila se, ve druhém se používá tažného lana a aerovlekového nebo navijákového závěsu. Kluzák se pohybuje po hlavním podvozku, ostruhovém kolečku a pomocník drží křídlo. V případě, že kluzák nemá ostruhové kolečko, je nutné jej tlačit pouze ve směru letu nebo použít přípravek na ostruhu. Kluzák je možno přepravovat i bez pomocníků za automobilem. Zde se používají přípravky na ocas a držení křídla.

5.7 Odolnost konstrukce

Konstrukce kluzáku musí být odolná vůči násobkům zatížení, vznikajících prováděnými manévry nebo poryvy, na které je dimenzována. Je nutné počítat s cyklickým zatěžováním, které vzniká již při pohybu po zemi, navijákových startech, ale i za letu.

5.7.1 Potah kluzáku

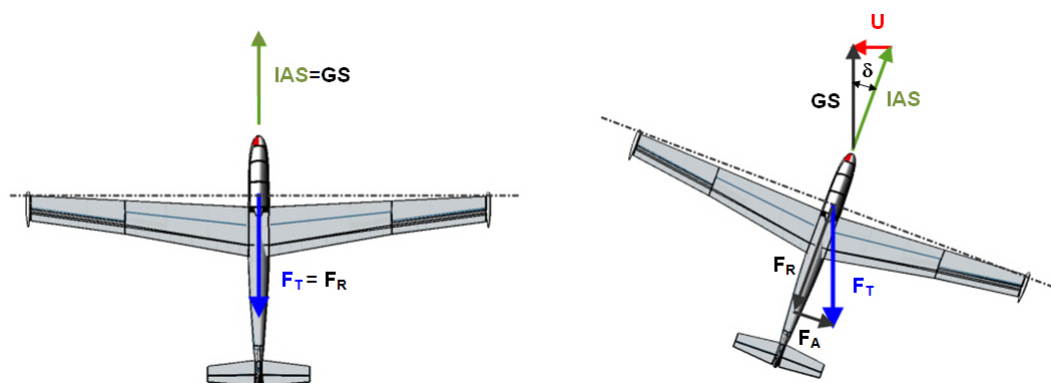
Potah musí být odolný vůči vnějšímu poškození, ať už způsobený neopatrností při manipulaci, nevlídným počasím nebo přistáním do terénu. Potah se u kluzáků dělá plátěný, plechový nebo laminátový. Výhodou plátěného je hmotnost, snadná oprava porušených částí, nevýhodou je snadná poškoditelnost. Plechový potah se používal u kovových konstrukcí. Výhodou je těžká poškoditelnost, musí ale projít povrchovou úpravou, aby netrpěl korozí. Výhodou laminátového potahu je jeho tuhost díky sendvičové konstrukci. Jeho hlavní nevýhoda je mnohem větší hmotnost oproti plátnu nebo plechu.

5.7.2 Podvozek

U výcvikových kluzáků je nejvíce namáhanou částí podvozkové zařízení. To je tvořeno převážně hlavním podvozkem, který může být lyžinový nebo kolový, pak ostruhou nebo ostruhovým kolečkem a u některých kluzáků ještě botkou nebo kolečkem

na přídi kluzáku. Vysoké namáhání je způsobeno neustálými starty a přistáními, ale zejména chybnou pilotáží žáka, který se teprve učí přistávat. Tyto chyby jsou traverz při startu nebo přistání (Obr. 5.7).

K přistání v traverzu dochází nejčastěji při přistání s boční složkou rychlosti větru U . Aby byla zachována trajektorie letu kluzáku v ose VPD, musí kluzák vy-
lučovat snos větru o úhel δ . Pokud ovšem takto i přistane, vzniká na podvozek
přídavná zatěžující síla F_A , která působí kolmo na podélnou osu letadla a namáhá
uložení podvozku jinak, než na které je především konstruováno. Dalšími chybami
při přistání je pozdní podrovnání vedoucí k přistání na hlavní podvozek na vyšší
rychlosti než pádové, jehož následkem je většinou odskočení nebo brzké podrovnání,
které způsobí pád kluzáku na hlavní podvozek a ostruhu, někdy i z výšky jednoho
metru.



Obr. 5.7: Vznik přídavné axiální síly F_A při přistání v traverzu

Úkolem podvozku tedy je, co nejvíce utlumit tyto vznikající rázy, aby se dále nepřenášely do konstrukce kluzáku a nezatěžovaly ji. Pomocný přední podvozek nebo botka slouží k ochraně přední části trupu zejména při brzdění hlavního podvozku, kdy setrvačností může dojít k překlopení kluzáku na přední část trupu. Ostruha nebo ostruhové kolečko chrání ocasní část před poškozením od zemského povrchu, tlumí rázy a usnadňuje manipulaci s kluzákem.

5.8 Systém údržby

Každý kluzák má ve své technické příručce předepsány prohlídky, kterými musí pro-
cházet a v jakých časových intervalech, výcvikových kluzáků nevyjímaje. Protože
výcvikový kluzák je oproti ostatním více zatěžovaný, zpravidla nalétá mnoho ho-
din, startů a přistání, dají se předpokládat častější prohlídky určitých částí kluzáku.

Laminátové kluzáky musí procházet roční prohlídkou, která zahrnuje očištění a promazání ložisek, čepů a ostatních pohyblivých dílů, odstranění nečistot z vnitřku trupu, kontrola řízení a celkovou vizuální prohlídku kluzáku. Větší opravou procházejí laminátové kluzáky po 3000 hodinách. Pokud se tedy zaměříme u těchto kluzáků zejména na podvozek, jako na jednu z nejvíce zatěžovaných částí, můžeme tvrdit, že prohlídky nejsou časově náročné. Častější prohlídky pak mají kluzáky kovové nebo s příhradovou konstrukcí. Zde bývá snažší cesta k zanesení ložisek, čepů a různých vodítek, proto jsou časté prohlídky nasnadě. Kluzák by měl být konstruován tak, aby ke všem částem, které se při prohlídkách kontrolují, byl snadný přístup. S tím většinou souvisí i náročnost prohlídek. Často není složité danou součást prohlédnout, ale zajistit k ní snadný přístup.

Předpokládá se, že výcvikové letadlo bude většinu letové doby létat ve dvojím obsazení a že bude mít velký počet startů a přistání na letovou hodinu. Proto by se při návrhu kluzáku mělo počítat se spektrem zatížení, které bude brát tyto věci v potaz.

5.9 Cena za letovou hodinu

Do ceny za letovou hodinu se promítá, kolik hodin je letadlo ročně ve vzduchu, jak častá a finančně náročná je údržba kluzáku, cena zákonného pojištění, havarijního pojištění, náhradních dílů, životnost kluzáku a jeho pořizovací cena. Vhodným konstrukčním řešením a technologií výroby lze zajistit přijatelnou pořizovací cenu, náhradní díly a levnou údržbu kluzáku.

5.10 Bezpečnost

S pokrokem výroby kluzáků se zvyšuje i pravděpodobnost přežití posádky při letecké nehodě. Zatímco dříve se žádné bezpečnostní prvky na kluzáku neuvažovaly, s příchodem laminátových kluzáků lze použitím vhodných materiálů vytvořit zpevněné oblasti, které zachrání pilotům životy.

Pokud se stane letecká nehoda dvoumístného kluzáku, zpravidla největší zranění má žák, tedy ten, který sedí na předním sedadle. Trup kluzáku je konstruován tak, aby byl co nejvíce aerodynamicky čistý, a tak zde není příliš mnoho místa na deformací zóny. Pilot má přední končetiny nataženy zcela dopředu a ty většinou utrpí vážná zranění. U kluzáků s příhradovou konstrukcí hrozí nebezpečí popraskání svařových spojů a ohrožení posádky. Lepší tuhost konstrukce vykazují plechové trupy, které spoustu energie pohltí svojí deformací a dále trupy dřevěné. Nejlépe chrání trupy laminátové, kde se pro ochranu posádky používá uhlíko-aramidová tkanina.

6 VÝCVIKOVÉ KLUZÁKY

V této kapitole jsou popsány koncepce výcvikových kluzáků, které zobrazují historický vývoj výcviku pilotů v Československu a České republice. Také jsou to kluzáky, s jejichž většinou mám praktické zkušenosti v létání nebo jejich údržbě. Z technického hlediska je popsána konstrukce křídel, VOP, SOP, trupu, řešení podvozku, kabiny a pohodlí pro posádku, provozní omezení a systém údržby. Z letových vlastností následuje náročnost pilotáže a její vhodnost pro výcvik.

6.1 LG-130 Kmotr

Kluzák LG-130 Kmotr [13] je dvoumístný samonosný středoplošník, celodřevěné konstrukce. Charakteristický je zejména umístěním sedadel vedle sebe a výrazným vypouklým překrytem kabiny. Kluzák byl postaven v roce 1950 v počtu 30 kusů. Sloužil zejména pro sportovní výkony, méně pak pro základní či pokračovací výcvik. Dnes létá jeden v aeroklubu Medlánky s imatrikulační značkou OK-1242.



Obr. 6.1: Kluzák LG-130 Kmotr [4]

6.1.1 Křídlo

Křídlo je jednonosníkové, samonosné, celodřevěné konstrukce, v náběžné části potažené diagonálně kladenou překližkou, v odtokové části křídla pak plátnem. Křídélka jsou uchycena na zesílených žebrech. Jsou na nich umístěny pomocné řídicí plošky, zmenšující účinek vzdušných sil. Síly v řídicí páce jsou proto přiměřené. Brzdící klapky jsou typu DFS, umístěné na horní i spodní straně křídla. Ovládají se pákou umístěnou mezi sedadly. Křídla jsou uchycena ke kovovému nosníku centroplánu dvěma hlavními čepy a dvěma čepy k trupové přepážce. K montáži křídla je potřeba minimálně 5 lidí. Postup montáže je následující: zasuneme hlavní čep, poté vedlejší čep a zajistíme závlačkou. Brzdící klapky se zapojí samočinně při nasazení křídla

na trup. Spojovací čepy táhel a převodových pák řízení křidélek nasuneme ve směru letu a zajistíme opět závlačkou.

6.1.2 VOP a SOP

Vodorovná ocasní plocha se skládá ze stabilizátoru a výškového kormidla. Stabilizátor je snímatelný, jednonosníkový, potažený překližkou. K trupu je uchycen třemi závěsy. Výškové kormidlo je také jednonosníkové, potažené plátnem. Je vybaveno vyvažovací ploškou, stavitelnou za letu. Kýlová plocha je pevně uchycena do konstrukce trupu. Je jednonosníková, s pomocným nosníkem, potažená překližkou. Směrové kormidlo je dřevěné, také s jedním nosníkem, potažené plátnem. Ke kýlové ploše je uchyceno třemi čepy.

6.1.3 Trup

Trup je tvořen třemi hlavními podélníky, na kterých jsou umístěny trupové přepážky. Je oválného průřezu, poloskořepinové konstrukce, potažený překližkou. „Čumák“ je z tvářeného plechu. U ocasní části jsou umístěny úchyty na jeho zvedání.

6.1.4 Kabina

Pilotní prostor se sedadly vedle sebe je zakryt dvoudílným překrytem z plexiskla. Pro jeho zavření je třeba dalšího pomocníka. Zadní část kabiny je také prosklená, což usnadňuje výhled vzad. Přístrojovou desku mají piloti společnou a je osazena základními přístroji: rychloměr, výškoměr, dva variometry, kompas a zatáčkoměr s příčným sklonoměrem. Nožní řízení je snadno nastavitelné kličkou i během letu. Brzdicí páku mají piloti společnou, umístěnou mezi sedadly. Před použitím je nutno ji knoflíkem odjistit. V zadní poloze brzdicí páky lze současně brzdit podvozkové kolo. Pro sólo obsazení je nutné kluzák dovážít. Pod přístrojovou deskou je proto otvor pro umístění závaží, což je velmi vhodné řešení.

6.1.5 Podvozek

V přední části trupu je uchycena jasanová lyže, odpružená gumovým tlumičem. Za lyží je pevné neodpružené kolo o rozměrech 420x150 mm, které lze brzdit pákou, umístěnou mezi oběma piloty. Ostruha je jednoduché konstrukce, složená z několika listových pružin.

6.1.6 Náročnost pilotáže

Hlavní nevýhodou tohoto kluzáku je umístění posádky vedle sebe. Žák si tak neosvojí pocit sedět v podélné ose kluzáku, což je případ jednosedadlových a naprosté většiny dvousedadlových kluzáků. Vzhledem k uspořádání ovladačů v pilotním prostoru, musí pilot, který řídí kluzák, sedět na pravém sedadle. Během kroužení, zejména při větších náklonech se projevují velké síly v řízení a kluzák reaguje na pokyny pilota se značným zpožděním, což je dáno velkou plochou křídel a malou obratností kluzáku.

6.1.7 Provozní omezení

S kluzákem je zakázáno úmyslně provádět vývrtky, létat v mracích, provádět akrobatické prvky, létat v dlouhé vlně a zákaz vzletu navijákem. Kluzák je zařazen v kategorii experimental a veškeré výcvikové lety jsou na něm zakázány.

6.1.8 Systém údržby

Po každých 50-ti hodinách letu, ale nejméně dvakrát do roka se provádí podrobná prohlídka, jejíž součástí je i očištění a promazání ložisek a závěsů dle mazacího plánu. Při této prohlídce se demontují všechny kryty v pilotním prostoru a odstraní se nečistoty. Všechna poškození povrchu kluzáku nebo nátěru je nutno opravit.

Technická data LG-130 Kmotr

Rozpětí	16,00 <i>m</i>
Délka	7,57 <i>m</i>
Výška	1,97 <i>m</i>
Plocha křídel	21,80 <i>m</i> ²
Prázdná hmotnost	285,0 <i>kg</i>
Max.hmotnost	445,0 <i>kg</i>
Hmotnost posádky	160,0 <i>kg</i>
Maximální klouzavost	21,0
Minimální opadání (ve dvojím)	0,94 <i>m/s</i>
Min. rychlost (ve dvojím)	56 <i>km/h</i>
Max. rychlost v turbulenci	110 <i>km/h</i>
Max. rychlost v aerovleku	110 <i>km/h</i>
Max. přípustná rychlost	120 <i>km/h</i>

Tab. 6.1: Technická data kluzáku LG-130 Kmotr

6.2 LF-109 Pionýr

Kluzák LF-109 Pionýr [14] byl zkonstruován v roce 1950 Ing. Štrosem. Je to dvoumístný, vzpěrový hornoplošník smíšené konstrukce s uspořádáním posádky za sebou. Příchodem tohoto kluzáku do československých aeroklubů se zefektivnil výcvik nových pilotů a zlepšila se bezpečnost létání. Celkem bylo vyrobeno 454 kusů [15].



Obr. 6.2: Kluzák LF-109 Pionýr [4]

6.2.1 Křídlo

Křídlo je celodřevěné konstrukce, vyztužené dvěma vzpěrami. Hlavní nosník, společně s náběžnou hranou a překližkovým potahem přední části křídla, tvoří torzní skříň. Ostatní části křídla jsou potaženy plátným potahem. U křídélek se používá diferenciace výchylek. Jsou uložena ve třech závěsech na pomocném nosníku. Kluzák je vybaven brzdícími klapkami typu Shempp-Hirth na vrchní i spodní straně křídla.

6.2.2 VOP a SOP

Ocasní plochy mají smíšenou konstrukci. Stabilizátor je celodřevěné konstrukce, potažený diagonálně kladenou překližkou, uchycený na trup ve třech závěsech. Výškové kormidlo má klasickou dřevěnou konstrukci. Jeho přední část tvoří torzní skříň, zadní část s žebry příhradové konstrukce je potažena plátnem. Vyvažovací ploška je pouze na levé polovině výškového kormidla a je říditelná za letu. Na pravé polovině výškového kormidla je pevná plechová vyvažovací ploška nastavitelná na zemi. Kýlová plocha má kostru jako součást trupu, svařenou z ocelových trubek a na

nich je uchytcena překližka. Směrové kormidlo je částečně aerodynamicky vyvážené, s klasickou dřevěnou konstrukcí, potaženou plátnem.

6.2.3 Trup

Trup je příhradové konstrukce, svařený z ocelových trubek, potažený plátnem, které je přišito k bandážování trubek a pomocnému dřevěnému rámu. V přední části je prostor pro dvoučlennou posádku sedící za sebou. Zadní sedadlo je poněkud vyvýšeno pro zlepšení výhledu druhého pilota. V „čumáku“ je závěs pro tažné lano. Boční navijákové závěsy jsou v současné době demontovány, kvůli zákazu létání na navijáku.

6.2.4 Kabina

Kabina je velmi prostorná, ale chybí jakýkoliv zavazadlový prostor. Pouze v přední části je malá plátěná kapsa a v zadní části se nachází před ručním řízením, ale věci v ní uložené mohou řízení bránit. Přístroje jsou umístěny pouze v přední části. Instruktor vidí přes rameno žáka pouze výškoměr, rychloměr a variometr. Kluzák není vybaven radiostanicí. Překryt kabiny je odklopný doprava, pro pohodlné nastupování do zadní části je odklopný i překryt nad hlavou. Z kluzáku je velmi dobrý výhled do boku i směrem dopředu.

6.2.5 Podvozek

Hlavní podvozek je tvořen odpruženým nezatahovatelným nízkotlakým kolem a přistávací jasanovou lyží, která také slouží ke zkrácení výběhu při přistání. Přistávací kolo je uchyceno v rámu na hlavní přepážce. Pérování zajišťuje gumový provazec. Kolo je brzděné pákou, umístěnou na předním ručním řízení. Nad kolečkem je blatník, aby se nezašpinila spodní část plátěného trupu a aby se zamezilo poškození od odletujících částic od země při startu a přistání. Na ocasní části je ostruha složená z několika listových pružin.

6.2.6 Náročnost pilotáže

Kluzák je velmi příjemný na pilotáž a byl by tak vhodný pro základní výcvik. Pouze při startu je třeba velkých výchylek jak ručním, tak nožním řízením. Díky velkým ovládacím plochám dobře a rychle reaguje na pokyny pilota a síly v řízení jsou přijatelné. Ve stoupavém proudu s ním lze díky nízké hmotnosti a pádové rychlosti kroužit na velmi malém poloměru a lépe tak ustředit stoupavý proud. Nevýhodou je velmi malá klouzavost.

6.2.7 Provozní omezení

S kluzákem je zakázáno úmyslně provádět vývrtky, létat v mracích, provádět akrobatické prvky, létat v dlouhé vlně a zákaz vzletu navijákem. Kluzák je zařazen v kategorii experimental a veškeré výcvikové lety jsou na něm zakázány.

6.2.8 Systém údržby

Po každých 50-ti hodinách letu, nejméně však dvakrát do roka je nutno provést podrobnou prohlídku kluzáku. Při té se odmontují všechny kryty v pilotním prostoru, odstraní se veškeré nečistoty, ložiska a závěsy se očistí technickým benzínem a opětovně namažou plastickým mazivem. Prohlédne se potah a případná poškození se neprodleně opraví. Tyto drobné opravy může opravit provozovatel bez kontroly odborné opravny.

Technická data LF-109 Pionýr

Rozpětí	13,47 <i>m</i>
Délka	7,77 <i>m</i>
Výška	1,64 <i>m</i>
Plocha křídel	20,20 <i>m</i> ²
Štíhlost	9,00
Prázdná hmotnost	235,0 <i>kg</i>
Max.hmotnost	440,0 <i>kg</i>
Hmotnost posádky	180,0 <i>kg</i>
Maximální klouzavost	18,5
Minimální opadání	1,06 <i>m/s</i>
Min. rychlost (ve dvojím)	52 <i>km/h</i>
Max. rychlost v turbulenci	120 <i>km/h</i>
Max. rychlost v aerovleku	120 <i>km/h</i>
Max. přípustná rychlost	130 <i>km/h</i>

Tab. 6.2: Technická data kluzáku LF-109 Pionýr

6.3 L-13 Blaník

Kluzák celokovové konstrukce [17], určený dnes zejména pro základní a pokračovací výcvik pilotů. Vznikl v roce 1956 pod vedením hlavního konstruktéra Ing. Karla

Dlouhého v letecké továrně LET Kunovice, jako náhrada za LF-109 Pionýr, který do té doby sloužil v českých aeroklubech pro základní a pokračovací výcvik pilotů.



Obr. 6.3: Kluzák L-13 Blaník [4]

6.3.1 Křídlo

Křídlo je dvoudílné, samonosné, lichoběžníkového půdorysu, má záporný úhel šípů 5° a vzepětí 3° . Je vybaveno Fowlerovou vztlakovou klapkou s jednou šterbinou, která se otevírá na maximální úhel 8° . Při tomto úhlu je zároveň otevřena a zajištěna. Pádová rychlost bez vztlakových klapek je 60 km/h, se vztlakovými klapkami 55 km/h. Jejich účinnost není nijak velká, spíše zvětšují celkový odpor. Použití vztlakových klapek bylo koncipováno zejména kvůli správným návykům budoucích motorových a vojenských pilotů. Na křídle jsou umístěny brzdící klapky typu DFS. Ovládací síla není velká, protože brzdící klapky se otevírají na horní straně křídla opačně než na dolní. Nevýhodou těchto klapek je možnost zachycení spodní klapky o vyšší porost při přistání do pole. Nejen proto se doporučuje při přistávání do vyššího porostu brzdící klapky před přistáním zavírat. Křídélka, která jsou diferencovaná a vztlakové klapky jsou částečně potaženy plátnem, zbytek křídla potahovým plechem spojeným natupo. Na koncích křídla jsou vřetena pro snížení indukovaného odporu a rovněž chrání křídlo a křídélko při dotyku se zemí. Hlavní nosník je umístěn v 40% hloubky křídla, pásnice jsou z tažených duralových plechů nanýtovány na stojinu. Nosník společně s náběžnou hranou tvoří tuhou torzní skříň. Křídlo má 17 lisovaných duralových žebířů, na nichž jsou závěsy pro kulisy vztlakových klapek, křídélka a brzdící klapky. K trupu se připevňuje pomocí dvou čepů. Hlavní čep se zasunuje svisle dolů do dvou ok na hlavním nosníku a je zajištěn závlačkou. Pomocný čep pak ve směru letu do oka na prvním žebříku a opět je pojištěn závlačkou. Montáž křídel vyžaduje velmi jemnou práci minimálně čtyř lidí a je zde množství úkonů, na které

se nesmí zapomenout. Je potřeba k hlavním i vedlejším čepům dát podložky a závlačky. Čepy připojit ovládání křidélek a zajistit závlačkou. Ukostřit křídlo k trupu pomocí vodivého drátku a šroubku na táhlech křidélek. Mechanizace vztlakových a brzdících klapek se zapojuje automaticky, jen je potřeba dát ovladače v kabině do správné polohy. Teprve poté je možno zakrýt mezeru mezi křídlem a trupem plechovou pásnicí. Ta je přichycena háčkem na dvou místech na trupu, napnuta je pružinou. Může se stát, že za letu vypadne z háčku a poničí povrchovou úpravu křídla.

6.3.2 VOP a SOP

Svislá ocasní plocha má velkou plochu, což velmi zlepšuje boční stabilitu. Kýlová plocha je potažená plechem, směrové kormidlo plátnem. Výchyly směrového kormidla jsou dobře rozeznatelné. Výšková ocasní plocha se skládá ze stabilizátoru potaženého plechem a výškového kormidla potaženého plátnem s aerodynamickým vyvážením, potaženým plechem. Výšková ocasní plocha je umístěna v dolní části, což se negativně projeví při přistání do porostu, jako je například obilí. Vyvážení není tak citlivé jako u jiných kluzáků. Výšková ocasní plocha je připevněna k trupu na dvou otočných čepích, což velmi usnadňuje transport kluzáku, kdy se sklopí obě poloviny ke kýlové ploše.

6.3.3 Trup

Trup kluzáku je poloskořepinové konstrukce, v přední části s prostorem pro dvoučlennou posádku sedící za sebou ve složení: pilot-žák, instruktor. Trup se skládá ze 14-ti přepážek potažených plechem a vyztužený podélníky. Prostor pro posádku je mezi 1. a 4. přepážkou, mezi 4. a 5. je zavazadlový prostor až pro 20 kg nákladu. Od 5. přepážky dále pokračuje trup sestavený ze dvou skořepin přinýtovaných k sobě v podélné ose letadla. Zde je umístěna mechanizace řízení, která je velmi špatně dostupná a po každých padesáti letových hodinách musí být očištěna a namazána. Zde se také napínají lana od řízení výškového a směrového kormidla. Nečistoty se dostávají i do šachty pod zavazadlovým prostorem, kudy vedou lana od řízení směrového kormidla. To je zapříčiněno otvorem z šachty podvozku, kudy vede lano od výškového kormidla. Na první přepážce najdeme závěs pro start aerovlakem, na 4. přepážce boční závěsy pro navijákový start. Jejich konstrukce umožňuje při překročení určitého úhlu navijákového lana sama toto lano odpojit. Při špatně provedeném startu, kdy se lano prověsí, pilot se vypne a lano opět začne táhnout, se tyto automatické vypínače mohou poškodit a je nutná jejich výměna, která nepatří k těm snadným.

6.3.4 Kabina

Pilotní prostor je zakryt plexisklovým krytem, uloženým na třech závěsech. Není potřeba pomocník na zavření překrytu kabiny. Tento překryt je dělený u druhé přepážky, což mírně zhoršuje pohled z kabiny, ve většině případů je dělený i u třetí přepážky. Ergonomické řešení prostoru pro posádku není příliš vhodné. Projeví se to zejména u delších letů. Sedačky jsou tvarovány pro již dnes nepoužívané typy padáků, které byly mnohem tlustší, ale užší než dnes používané typy ATL-88/90 nebo Junkers. Posed je tvrdý a zejména vepředu je málo místa na nohy. Pedály nožního řízení jsou vepředu posouvateľné za letu stavěcím šroubem, v zadní části lze nastavit tři polohy, ale pouze na zemi. Ze zadního sedadla, které není vyvýšené, je špatný pohled dopředu, ale i do boku, kde jsou v úrovni hlavy náběžné hrany křidel. Kluzák je osazen základními přístroji jako výškoměr, rychloměr, příčný sklonoměr se zatáčkoměrem, hrubým variometrem, jemným variometrem a kompasem. Údaje na přístrojích jsou dobře čitelné, pouze radiostanici lze ovládat jen z předního sedadla. Ovládací prvky jsou snadno dosažitelné, až na vypínač v přední přístrojové desce, na který menší lidé nedosáhnou. Táhlo brzdy podvozku se nachází na podlaze na dosah levé ruky, ovšem moderní kluzáky, které dnes létají, mají tento ovladač buď na táhlu brzdicí klapky, nebo na kniplu. Stejná situace je s ovládáním podvozku. Jednak nelze pohledem poznat, zda je ovladač podvozku v poloze otevřen zajištěn a pohyb otevření/zavření podvozku je opačný než u ostatních větroňů. U L-13 je podvozek otevřen, když je ovladač vzadu, u ostatních větroňů je vepředu, při zavřeném poloze naopak.

6.3.5 Podvozek

Hlavní podvozek je částečně zatahovatelný a tlumený. Lze přistát i na zatažené kolečko, které částečně vyčnívá z trupu. Nelze říci, že by zatáhnutím podvozku výrazně klesl odpor, ale je to velká výhoda pro začínající piloty, protože i když zapomenou provést důležité úkony před přistáním, kluzáku se nic nestane. Navíc tím, že je podvozek zatahovatelný, si trénují správné návyky na typy, jež budou létat později a většina jich zatahovací podvozek má. Tlumič je olejopneumatický, s tlakem dusíku 3 atm. Vidlice, na které je uchyceno podvozkové kolo, drží dvěma čepy na svařenci, pevně uloženém v trupu. Tyto čepy jsou nesmírně namáhány a velmi trpí na otěr. Mažou se maznicí po každých padesáti startech. To je pro výcvikový kluzák, který udělá denně i 100 startů nepraktické, leč potřebné. Namáhána jsou také pouzdra ve svařenci, která praskají. Nevýhodou tohoto podvozku je, že při jeho poškození následkem tvrdého přistání se poničí většinou i potahový plech a podélné výztuhy v trupu a při výměně je třeba roznýtovat celou podlahu. Většina Blaníků má na ocasní části ostruhu. Ta je tvořena plechem do profilu U a gumovým silentblokem

na konci. Pohlcuje rázy od nerovné přistávací dráhy, krátí dojezd, protože se zvyšuje tření. Nevýhodu oproti ostruhovému kolečku má, pokud dostane kluzák hodiny. Ostruha se vylomí, kdežto kolečko ne. S ostruhovým kolečkem je lepší manipulace po zemi, ale při přistání tzv. „na ostruhu“ musí pohlcovat značné síly a nevydrží tolik, co ostruha. V přední části kluzáku je pod trupem botka, která chrání přídě před poškozením, pokud dojde k převrácení na „čumák“ kluzáku.

6.3.6 Náročnost pilotáže

Z hlediska náročnosti pilotáže je L-13 Blaník velmi hodné letadlo. Má nízkou pádovou rychlost, rychle reaguje na podněty pilota, má zpětnou vazbu v podobě sil v řízení, dostatečně včas a zřetelně varuje na blížící se mimořádnou situaci. Ve vývrtce se chová předvídatelně, za normálních okolností nespadne do ploché vývrtky a vývrtka jde velmi snadno vybrat. Stačí dát směrové a výškové kormidlo do neutrálu. To ovšem může v žákovi vzbudit dojem, že se takto chovají všechna letadla a je tedy nutné jej na tuto skutečnost upozornit a vysvětlit, že nikoliv. Velmi dobře se s ním točí ve stoupavém proudu, kde je možnost vysunout vztlakové klapky, pokud je stoupavý proud dostatečně silný, ale velmi úzký. Dnes je jeho nevýhodou nízká klouzavost, reálně se pohybující okolo $K=24$.

6.3.7 Provozní omezení

Ačkoliv je L-13 výcvikové letadlo, má omezení v počtu letů v sóle a ve dvojím obsazení. Tento poměr je 30% dvojí obsazení, 70% sólo – celkové letové doby. Dále má provozní poměr v počtu navigátorů na hodinu letu. Toto číslo je 5 navigátorů na 1 letovou hodinu. Momentálně má zakázanu veškerou akrobacii a více než jednu otočku ve vývrtce. Tato omezení jsou dána technologickým řešením celého kluzáku. Kovové materiály si pamatují historii zatěžování a všechny tyto režimy přispívají ke zvýšenému namáhání celé konstrukce.

6.3.8 Systém údržby

Na kluzáku jsou předepsány prohlídky typu A po každých 50-ti hodinách letu, B po 500 hodinách letu a GO po 1000 hodinách letu.

Některé úkony prováděné po každých 50-ti hodinách letu:

očištění a namazání nožního řízení, ručního řízení, táhel vztlakových a brzdících klapek, vyvážení, podvozku, vypínače vlečného lana, kontrola svarů ručního řízení na trhliny, vyčištění a namazání podvozku, všech dostupných šachet, kontrola napnutí lan výškového a směrového kormidla, očištění a namazání vedení vztlakových klapek, ložisek řízení v křídlech na VOP a SOP, kontrola tlaku pneu atd.

Technická data L-13 Blaník

Rozpětí	16,2 m
Délka	8,4 m
Výška	2,25 m
Prázdná hmotnost	292,0 kg
Max.hmotnost	500,0 kg
Hmotnost posádky	200,0 kg
Maximální klouzavost	28,0
Minimální opadání (ve dvojím)	0,82 m/s
Min. rychlost (ve dvojím)	55 km/h
Max. rychlost v turbulenci	145 km/h
Max. rychlost při vzletu navijákem	120 km/h
Max. rychlost v aerovleku	140 km/h
Max. přípustná rychlost	253 km/h

Tab. 6.3: Technická data kluzáku L-13 Blaník

6.4 L-13A, L-23, L-13AC



Obr. 6.4: Kluzák L-13A Blaník [4]

6.4.1 L-13A

Kluzák L-13A se vyráběl v období let 1981 a 1982. Rozdíl oproti L-13 je v zesílené konstrukci křídla. L-13A má hlavní závěs k pásnici přišroubován dvěma svorníky,

u L-13 jsou 3 nýty. Dále má zesílený centropoplán a ovládání vyvážené pomocí ocelových lan místo strun. Jeho základní životnost je 6000 hodin v režimu bezgenerálního provozu. Výhoda je v tom, že příručka nepředepisuje striktně výměnu některých dílů (např. plátěné potahy kormidel), ale umožňuje jejich výměnu na základě stavu.

6.4.2 L-23

Dalšími úpravami letadla L-13 Blaník vznikl v roce 1988 nový typ L-23 Super Blaník lišící se zejména novým kokpitem s větším průhledným překrytem a lepším výhledem. Překryt je dvoudílný. Přední část se otvírá doprava jako u všech kluzáků L-13, zadní část směrem dozadu a nahoru. Největší změnou prošly ocasní plochy. Ty jsou ve tvaru „T“ a minimalizují tak poškození při přistání do terénu. Křídlo je zjednodušené, bez vztlakových klapek a s novými koncovými oblouky bránící proti poškození křídla. Existují i nástavce zvyšující rozpětí křídel na 18 m a klouzavost na 31. Na kluzáku je otočné ostruhové kolečko, které je lehce poškoditelné při jízdě po letišti směrem vzad.



Obr. 6.5: Kluzák L-23 Super Blaník [4]

6.4.3 L-13AC

Je akrobatickou verzí kluzáku L-13. Přední část trupu pochází z kluzáku L-23, pouze překryt kabiny je koncipován jako jednodílný. Pro snazší nástup na zadní sedadlo je odklopná horní část překrytu kabiny. Palubní přístroje jsou osazeny základními přístroji jako kluzák L-23 a navíc je na přední i zadní palubní desce umístěn G-metr pro měření násobku zatížení. Dále je osazen přístrojem AMU-10, který tyto násobky zatížení zaznamenává. V kluzáku jsou 5-ti bodové akrobatické pásy. Ocasní část je oproti L-13 zesílena v oblasti uchycení stabilizátoru. Křídlo má zesílený nosník a je

nastavovatelné. Pro klasické lety má rozpětí 16,2 metru, pro akrobacii 14,1 metru. Křídélka jsou tedy kratší. Kvůli akrobacii jsou na nich umístěny dorazy a na levém křídélku odlehčovací ploška. Brzdicí klapky jsou typu DFS, oproti L-13 jsou účinnější díky tvarovaným plechům na spodní brzdicí klapce. Základní životnost kluzáku je 10 000 hodin, pokud je provozován v režimu bezgenerálového provozu [18].



Obr. 6.6: Kluzák L-13AC Blaník [4]

6.5 Grob G-103 Twin Astir

Větroň G-103 Twin Astir [19] je dvoumístný samonosný středoplošník se sedadly za sebou, německé výroby, používaný převážně k výkonnému létání. Konstrukce je ze 70. let minulého století a vychází z jednosedadlové verze kluzáku G-102 Standard Astir. Výroba je z let osmdesátých a devadesátých.



Obr. 6.7: Kluzák Grob G-103 Twin Astir [20]

6.5.1 Křídlo

Křídlo je skořepinové konstrukce s velkou plochou a vzepětím $3,5^\circ$. Potah je tvořen sendviči CfC. Nosník křídla je sklolaminátový. Kluzák je vybaven brzdicími klapkami typu Shempp-Hirth na horní straně křídla, které jsou velmi účinné. Minimální

rychlost s plně vysunutými BK je 102,5 km/h. Křídla se k trupu zajišťují pomocí 4 otočných pouzder, které sevrou čepy s drážkou na určených místech. Fyzicky nejde vidět, zda je křídlo opravdu zajištěno, ale konstrukce tohoto systému by neměla dovolit, aby šlo s pouzdrům otočit, pokud čep není na svém místě. Po několika hodinách provozu je třeba pouzdra kontrolovat, poněvadž se různými otřesy povolují. Při přistání do terénu je potřebné zvažovat výšku porostu. Kluzák má velmi nízko umístěná křídla a mohl by při přistání zachytit křídlem o porost a dostat hodiny.

6.5.2 VOP a SOP

Ocasní plochy jsou uspořádány „T“. Nepoškodí se tak výšková ocasní plocha při přistání do vyššího porostu. Výšková ocasní plocha drží na kýlové ploše pomocí dvou vodorovných čepů, a je zajištěna šroubem. Proti samovolnému vyšroubování je pojištěn krytem.

6.5.3 Trup

Trup je tvořen kompozitovou skořepinou ze skelných vláken a epoxidové pryskyřice. Vlečné zařízení je v přídi trupu a pro navijákový start u podvozku.

6.5.4 Kabina

Kabina je velmi prostorná s dobrým výhledem ven. Dvoudílný překryt pilotního prostoru je vylišován z organického skla, oba díly se nezávisle odklápí doprava. Za zadní sedačkou, v místě, kde prochází nosník křídla, je poměrně velký zavazadlový prostor. Instruktorské sedadlo je dobře polstrované, s pohodlnými područkami a dobře umístěnou řídicí pákou. Přístrojový hříbek je osazen tím nejzákladnějším vybavením.

6.5.5 Podvozek

Přistávací zařízení tvoří zatahovací kolo ve spodní části trupu a pevné kolo na zádi. I přes velkou hmotnost kluzáku není podvozek odpružený. Sklápí se na bok do šachty pod sedačkou instruktora. Modifikace kluzáku Twin Astir II a III mají pevné nezatahovací kolo a pomocné kolečko na přídi trupu.

6.5.6 Náročnost pilotáže

Kluzák je relativně příjemný na řízení, ovšem dá se velmi obtížně podélně vyvážit. Vyvážení při klouzavém letu je téměř v zadní poloze, což svědčí o výrazné přední centráži. To má své výhody i nevýhody. Nepříjemně se to projeví zejména v kroužení,

kdy je potřeba převážit kluzák tak, aby byl těžký na ocase, ale už nám nestačí poloha vyvážení. Buď je potřeba do řízení zasahovat silou, nebo létat minimálně 100 kilometrovou rychlostí. To může ztěžovat využití užších termických proudů pro nabrání výšky. Křídélka reagují velmi pomalu, což je nevýhoda například v turbulenci nebo ustředování stoupavého proudu. Jakmile se kluzák ustředí, tak ve stoupavém proudu „drží“. Další nevýhodou jsou značné síly v řízení a relativně velká setrvačnost. Na druhou stranu jej toto činí velmi hodným kluzákem, se kterým je obtížné udělat něco vyloženě špatně. Twin Astira je prakticky nemožné dostat do vývrtky. Teoreticky to lze s určitým rozložením hmotnosti v kabině, vyšlápnutou nohou a plnými kontra křídélky. To je dobré z bezpečnostního hlediska, ale nešťastné z hlediska výcviku. Problémem u Twina je jeho velká hmotnost, zvláště v případě přistání do pole. Nejen proto, že má dlouhý výběh, ale k rozložení a složení kluzáku je potřeba nezvykle velký počet lidí, zhruba šest [21].

6.5.7 Provozní omezení

Kluzáky bez zesíleného trupu mají omezenou akrobacii. Zesílení trupu mohl provádět pouze výrobce, který kluzáky již nevyrábí. Toto zesílení ovšem zvyšuje hmotnost o cca 30–40 kg a zde může nastat problém při aerovlekovém startu. Vlečné letouny řady Z-226 mají povoleno vlekat kluzáky pouze do hmotnosti 550 kg. Některé ultralehké letouny mají povoleno vlekat těžší kluzáky, z hlediska výcviku to ovšem může být nebezpečné. Akrobatické prvky mohou létat pouze verze II a III [21].

6.5.8 Systém údržby

Kluzák musí pravidelně jednou za rok procházet roční prohlídkou, základní životnost kluzáku je 3000 hodin.

Technická data G-103 Twin Astir

Rozpětí	17,5 m
Délka	8,1 m
Výška	1,6 m
Plocha křídel	17,8 m ²
Prázdná hmotnost	400,0 kg
Max.hmotnost	650,0 kg
Hmotnost posádky	220,0 kg

Maximální klouzavost	38,0
Minimální opadání (ve dvojím)	0,68 <i>m/s</i>
Min. rychlost	80 <i>km/h</i>
Max. rychlost v turbulenci	200 <i>km/h</i>
Max. rychlost při vzletu navijákem	120 <i>km/h</i>
Max. rychlost v aerovleku	170 <i>km/h</i>
Max. přípustná rychlost	250 <i>km/h</i>

Tab. 6.4: Technická data kluzáku G-103 Twin Astir

6.6 DG-1001

Kluzák DG-1001 [22][23] je dvoumístný vysokovýkonný větroň, určený pro výcvik, přelety a navíc pro létání akrobatických prvků.



Obr. 6.8: Kluzák DG-1001T [25]

6.6.1 Křídlo

Kluzák je k dispozici s několika verzemi křídel. Ta jsou vyrobena z uhlíkových vláken a dodávají se ve variantách o rozpětí 18 m, určené zejména pro akrobacii. Toto křídlo může být dělené a nebo nedělené. Další verze křídla je dělená, s nastavci a winglety pro rozpětí 20 m. Vodní přítěž je součástí 20 m křídel, u 18 metrových je pak volitelná na přání zákazníka. Kluzák může létat akrobacii v třídě unlimited kategorie „A“ s křídly o rozpětí 18 metrů a základní akrobacii i s křídly dlouhými 20 metrů. Na křídle jsou velmi účinné brzdicí klapky typu Shempp-Hirth. Křídélka sahají zhruba do poloviny křídla, v případě 20 m nastavců jsou i na nastavcích. I když je kluzák středoplošník, díky svému vysoce položenému trupu jsou křídla v dostatečné vzdálenosti od země, takže nehrozí hodiny při přistání do vyššího porostu.

6.6.2 VOP a SOP

Ocasní plochy jsou „T“ uspořádání. Kluzák má velmi širokou ocasní plochu, celých 3,2 metrů. Do ocasní části lze umístit vodní zátěž do hmotnosti 6,2 kg a vyvažovací zátěž do hmotnosti 12 kg. Kluzák je velmi citlivý na podélné rozložení hmotnosti a tedy posun těžiště. Zatímco pro kroužení je vhodné mít zadní centráž, pro přeskoky naopak přední. Rozložení hmotnosti je důležité i při provádění akrobatických prvků nebo nácviku vývrtek a pádů. S přední centráží je kluzák velmi těžké dostat do vývrtky (osobně se mně to nepodařilo), naopak s výraznou zadní centráží kluzák přecházel do vývrtky ploché, což je velmi nebezpečné a je tedy třeba věnovat centráži velkou pozornost již před letem. Vše je závislé na hmotnosti posádky, vodní přítěže v křídlech, předpokládanému druhu letu a dle toho je nutné kluzák vyvážit v ocasní části s pomocí příslušných tabulek.

6.6.3 Trup

Trup je skořepinové konstrukce, velmi robustní a vysoko položený. V přední části je prostor pro posádku, která sedí za sebou. V „čumáku“ se nachází závěs pro start aerovlekem, u podvozku pak pro navijákový start. Kluzák je možno vybavit motorem se sklopnou vrtulí. Vše je umístěno na hřbetu trupu, kde jsou zaklápěcí dvířka. Na horním povrchu trupu za zadním překrytem je umístěn solární panel, který slouží k dobíjení baterií určených pro provoz elektrických přístrojů a elektrické zavírání a otevírání podvozku.

6.6.4 Kabina

Kabina je nezvykle vysoko položená a tak při prvních přistáních bývá pozdější podrovnání. Překryt kabiny je dvoudílný s pevnou středovou přepážkou. Oba kryty se odklápí doprava a jsou na nich umístěny plynové vzpěry, které usnadňují otevírání. Překryt kabiny je velmi dobře těsněn a tak je v kabině ticho a nefouká do ní. Častým otevíráním se ovšem těsnění odlepuje, nedrží původní pozici a překryt nesesedí jak má a je zvýšeně namáhán. Z předního i zadního sedadla je velmi dobrý výhled na všechny strany, čemuž dopomáhá i umístění křídel ve středu trupu. Na všechny ovladače je velmi snadný přístup a až na vypouštění vody jsou všechny situovány pro levou ruku, takže není třeba přehmatávat řízení a to ani v případě zatahování podvozku, které je elektrické nebo mechanické. Přístrojová deska je vybavena všemi základními přístroji, dále pak elektronickými variometry, G-metrem a může být doplněna dalšími přístroji jako je Flarm nebo homologovaný zapisovač letových údajů. V přední části jsou posuvatelé pedály nožního řízení, ale díky velmi úzké části trupu v „čumáku“ je na nohy velmi málo místa. Zadní sedadlo je

výškově přestavitelné. Brzda hlavního podvozku je ovládána pákou brzdících klappek po dosažení maximální otevřené polohy. Velmi dobře je řešeno vyvážení. Pro hrubší nastavení slouží ovladač umístěný pro levou ruku, jemné doladění je možné nastavovat v závislosti na aktuální poloze řídicí páky pravým ukazováčkem.

6.6.5 Podvozek

Velký podvozek je jistě jedna z velmi dobrých vlastností kluzáku. Neponičí se trup při přistání do hluboké orby, křídla jsou vysoko nad zemí a nehrozí zachycení o porost. Při navijákovém startu nemá ocas kontakt se zemí a při aerovleku se ocasní část díky momentu, který vytváří vlečné lano, zvedne sám. Podvozek se vyrábí ve dvou variantách. Buď mechanicky zatahovatelný nebo elektricky zatahovatelný. Elektrický pohon se začal dodávat v roce 2008. Ruční ovládání je umístěno v kabině na levé straně. Protože je podvozek těžký a zpravidla levá ruka není tak silná, mohlo by se stát, že menší a slabší piloti by měli se zavřením podvozku problém a to i z toho důvodu, že nemůže být páka ovládání podvozku větší kvůli nedostatku místa na levé straně kabiny. Problém nastane tehdy, pokud páku podvozku správně nezajistíme. Vzpěra podvozku pak není v požadovaném „mrtvém úhlu“ a při přistání dojde k zavření podvozku a přistání na „břicho“. Poškození je o to horší, pokud se nám to stane na betonové přistávací dráze [24].

6.6.6 Náročnost pilotáže

Pro řízení kluzáku stačí používat velmi malé výchylky řídicí páky. Kluzák je velmi obratný a rychle a přesně reaguje na podněty pilota. Je ale potřeba kroužit i bez vodní přítěže na rychlosti cca 100 km/h, poněvadž při nižších rychlostech jsou řídicí prvky málo účinné a může dojít k pádu po křídle nebo do vývrtky. Pokud kluzák spadne do vývrtky, ztratí na jednu otočku 50 až 100 metrů výšky. Ve vývrtce je rychlost rotace větší než například u kluzáku L-13 Blaník. Při vybírání vývrtky je třeba vyšlápnout kontra nohu, počkat než se zastaví rotace, která trvá asi další půl otočku a povolit řídicí páku. Při náznaku ploché vývrtky způsobené zadní centráží je třeba neprodleně vyšlápnout kontra nohu a potlačit řízení. Kluzák se zhruba po jedné otočce přestane točit, pak se začne prosedat a nakonec přejde do ustáleného klouzavého letu. Nedoporučuje se provádět na finále skluz. Jednak jsou brzdící klapky velmi účinné a pokud skluz provedeme, kluzák se nejdříve prosedne zhruba o 50 metrů, během kterých je prakticky neřiditelný a teprve poté je ve skluzu.

6.6.7 Provozní omezení

Kluzák je určen pro sportovní létání i akrobacii. Při akrobatických letech na 18 m křídlech jsou maximální provozní násobky +7 G a -5 G. Vzhledem ke své hmotnosti jej není možno vléct za každým vlečným letadlem. Rovněž pro navijákový provoz na našich letištích by z důvodu vysoké hmotnosti nebyl příliš vhodný.

6.6.8 Systém údržby

Maximální životnost kluzáku je 12 000 letových hodin. Přesto se musí kontroly provádět po 3000, 6000, 9000 hodinách a posléze po každých 1000 hodinách. Bezpečnostní pásy musí být měněny po každých dvanácti letech, gumový kabel v systému řízení výškového kormidla nejméně jednou za 6 let. Ostatní části jako je vypínač vlečného lana, plynové vzpěry, části řízení, šrouby, čepy atd. by měly být měněny pokud vykazují známky opotřebení nebo jsou poškozené.

Technická data DG-1001S

Rozpětí	18,0 <i>nebo</i> 20,0 m
Délka	8,57 m
Výška	1,83 m
Plocha křídel	16,72 <i>nebo</i> 17,53 m ²
Max.hmotnost	750,0 kg
Prázdná hmotnost	411,0 kg
Hmotnost posádky	210,0 kg
Vodní zátěž v křídlech	160,0 kg
Vodní zátěž v ocasu	6,2 kg
Maximální klouzavost	46,5
Maximální plošné zatížení křídel	44,9 kg/m ² <i>nebo</i> 42,8 kg/m ²
Minimální opadání (ve dvojím)	0,68 m/s
Min. rychlost	80 km/h
Max. rychlost v turbulenci	185 km/h
Max. rychlost při vzletu navijákem	150 km/h
Max. rychlost v aerovleku	185 km/h
Max. přípustná rychlost	270 km/h

Tab. 6.5: Technická data kluzáku DG-1001S

7 ZÁVĚR

Pokročilé koncepce výcvikových kluzáků bylo možné rozvíjet až v době, kdy se pro výrobu kluzáků začalo používat kompozitních materiálů, které dovolují vytvořit tvary, jež byly při používání dřeva nebo oceli technologicky nerealizovatelné, případně jen za velkých obtíží. Tomu dopomohl i rozvoj technologie obrábění, zejména pak frézování forem křídel a trupů pětiosými CNC stroji. S lepšími a výkonnějšími profily křídel, menším odporem a pohodlím pro posádku, se staly tyto kluzáky žádanými zejména pro sportovní létání a sportovní výcvik. Výkonnostně tyto stroje dosahují parametrů jednosedadlových větroňů, některé je i převyšují a lze na nich naučit létat přelety včetně taktiky letu, která je používána u výkonných kluzáků.

Těmto potřebám je přizpůsobena celá konstrukce kluzáku. Rozpětí křídel je od 15 metrů až do 20 metrů, většinou jsou křídla nastavitelná. Křídla se vyznačují velkou štíhlostí, profily určenými pro rychlostní přelety, možností zvýšení hmotnosti vodní přítěží a tím nárůstu plošného zatížení. Křídla jsou vybavena flapperony, umožňující za letu měnit profil křídla a využít tak nejlepšího obtékání při pomalých rychlostech v kroužení a velkých na přeskok. Prostory pro posádku jsou ergonomicky tvarované, protože se předpokládá dlouhý pobyt v tomto stísněném prostoru. Neliší se přední a zadní pilotní prostor ovládacími prvky ani přístrojovým vybavením, a protože jsou tato letadla koncipována jako středoplošníky, je i ze zadního sedadla dobrý a bezpečný výhled.

Tyto moderní kluzáky mají uspořádání ocasních ploch ve tvaru „T“, což zabránilo poškození VOP při případném přistání do terénu. Kluzáky je možné pořídit i s pomocným motorem, který umožní dolet při zhoršení meteorologických podmínek potřebných pro dokončení bezmotorového letu, případně je kluzák schopen i samostatného startu bez pomoci navijáku či motorového letadla.

Zřejmě největší nevýhodou těchto výcvikových kluzáků pro použití pro základní výcvik je jejich hmotnost. Žádné z těchto letadel nemá prázdnou hmotnost pod 400 kg a představa navijákového provozu, dlouhých výběhů a nácviků mimořádných situací za letu je prakticky nemožná. Výjimku tvoří kluzák polské výroby PW-6, který má ale složitý systém údržby a pořizovací cena rovněž není nízká.

Požadavků na výcvikový kluzák je mnoho a čím více chceme, aby byl kluzák využíván pro různé druhy a režimy letů, tím více se tyto požadavky rozcházejí. Pokud by měl být kluzák určen pro základní, pokračovací i sportovní výcvik, vhodným řešením by bylo, mít vyměnitelná křídla. Pro základní výcvik používat křídla s rozpětím 15–16 metrů a geometrií takovou, aby žák kluzák nenutil přemýšlet jen a pouze nad řízením a aby bylo letadlo dostatečně podélně stabilní. Mělo by včas upozorňovat na chyby, kterých se žák svým řízením dopustí. Tato křídla by měla být natolik pevná, aby zvládala zatížení, kterých je kluzák vystaven při navijákovém provozu. Je to sa-

motný navijákový start, ale i namáhání působící při dosednutí a pohybu po letištní ploše. Pro pokračovací výcvik, termické lety a rychlostní přelety naopak používat křídla s rozpětím 18–20 metrů s flapperony a možností vodní zátěže. Tímto připravit žáka na letání s moderními jednomístnými kluzáky a naučit jej taktiku letu.

Výcvikový kluzák by měl mít jednoznačně odpružený podvozek. To je důležité pro namáhání všech ostatních částí kluzáku zejména při tvrdých dosednutích. Bohužel není v moci instruktora, aby každé přistání bylo hladké, protože zde rozhodují desetiny sekund o tom, zda se žákovi přistání povede či nikoliv. Odpružený podvozek ocení konstrukce kluzáku i na hrbolatých letištích při pohybu po letištní ploše. Z důvodu dobrých návyků bych volil podvozek částečně zatahovací jako má kluzák L-13 Blaník, což má nespornou výhodu v případě, že žák zapomene podvozek otevřít. Kluzák se tak nepoškodí. Protože se podvozek nachází velmi blízko těžiště, je nutné, aby v přední části byla zesílená botka. Dle mého názoru je vhodnější než pomocné kolečko, které v této části není kde řádně připevnit a botka tak snese tvrdší zacházení. Ostruhu bych konstrukčně řešil jako pevné kolo v trupu. Ačkoliv pro otáčení kluzáku je potřeba přípravek, jiná řešení zřejmě tvrdá přistání nevydrží.

Vzhledem k častému střídání žáků na výcvikovém kluzáku musí být možnost poškození při nástupu a výstupu co nejmenší. To znamená vyřešit otevírání kabiny tak, aby se nerozbila, pohodlné nastupování a vystupování, dostatek opěrných bodů a ovladače umístěny tak, aby se rovněž nepoškodily. Kluzák by měl být koncepčně řešen s uspořádáním posádky za sebou. Usnadní to přechod žáka na jednosedadlové kluzáky, kde bude vždy sedět v ose kluzáku. Z kluzáku musí být velmi dobrý výhled jak pro žáka, tak i pro instruktora. Vhodné je mít zadní sedadlo vyvýšené, aby instruktor viděl i před sebe. Osazen by měl být základními, přístroji, které se dobře čtou. Tomu je třeba přizpůsobit velikost přístrojové desky. Mnoho moderních kluzáků má přístrojovou desku malou, tedy i přístroje malé a žákovi tak může dělat problém správně odečítat hodnoty. A jsou to právě žáci, kteří neustále po většinu základního a pokračovacího výcviku odečítají letové údaje z přístrojů.

U výcvikového kluzáku se předpokládá, že většinu letové doby bude létat ve dvojím obsazení a bude mít mnohem větší poměr startů a přistání na letovou hodinu. Tomu by se měla přizpůsobit i konstrukce kluzáku a z ní vyplývající provozní omezení tak, aby se ve větší míře dalo létat ve dvojím obsazení. Také poměr navijákových a aerovlekových startů by měl být vhodně uzpůsoben předpokládané životnosti letadla.

Množství a náročnost údržby se promítá do ceny za letovou hodinu. Proto by bylo dobré, aby údržba byla minimální, kluzák se dal provozovat v režimu bezgenerálových oprav a v případě poškození byla levná a krátká oprava.

Je otázkou, kam se ve vývoji výcvikových kluzáků dále ubírat. Zda cestou pokročilých a moderních koncepcí, které nám přinesou větší rozsah využití daného

stroje nebo se vrátit do padesátých let minulého století, ve kterých dominovaly koncepce kluzáků s příhradovou konstrukcí trupu potaženou plátnem a dřevěnými křídly. Ekonomická situace nás zřejmě donutí vydat se tou první cestou a pokud zvolíme rozumné požadavky pokrývající většinu základního a pokračovacího výcviku, pak by kluzák mohl mít velmi dobré uplatnění na trhu.

LITERATURA

- [1] HRADILOVÁ, Eva - VALENTOVÁ, Alena - HRADIL, Miroslav. *Aeroklub Medlánky 80 let*. 1. vydání, Brno: Aeroklub Brno-Medlánky, občanské sdružení, 2004. 208 s.
- [2] [online]. [cit. 9. 4. 2011]. <<http://www.forteg.cz/historie/bezml.htm>>.
- [3] [online]. [cit. 9. 4. 2011]. <<http://www.dg-flugzeugbau.de/Data/dg1000-3.jpg>>.
- [4] [online]. [cit. 9. 4. 2011]. <<http://medlanky.bumper.cz>>.
- [5] Aeroklub České republiky. *Osnovy výcviku na kluzácích*. Novelizované vydání, 2006. 89 s.
- [6] Úřad pro civilní letectví. *Postup CAA-ZLP-049 Způsobilost pilotů kluzáků*.
- [7] KDÉR, František. *Metodika výcviku na kluzácích*. 3. vydání, Hronov: ÚV svazu pro spolupráci s armádou, 1979. 112 s.
- [8] KELLER, Ladislav - DVOŘÁK, Petr - GROTZ, Martin - GROTZ, Karel - PARÝZEK, Michal - MEČIAR, Marian - STANĚK, Miroslav - VRBA, Lubomír - HAVELKA, Radoslav - JANÍČEK, Tomáš - JELÍNEK, Alexandr - ŠULC, Jiří - DOŠEL, Petr - TRUSKA, Oldřich - VANKO, Jozef. *Učebnice pilota 2006* 1. vydání, Cheb: Svět křídel, 2006. 696 s. ISBN 80-86808-28-9
- [9] Evropská agentura pro bezpečnost letectví. *Certifikační specifikace pro kluzáky a motorové kluzáky CS-22*.
- [10] Letecká amatérská asociace ČR. *UL 2 –I. Část. Požadavky letové způsobilosti SLZ. Ultralehké letouny řízené aerodynamicky*. 30.3.2005
- [11] [online]. [cit. 18. 5. 2011]. <<http://www.airspace.cz/akademie/>>.
- [12] FRED, Thomas. *Fundamentals of sailplane design*. College Park Press, 1999. 186 s.
- [13] LET-Letecké závody-Národní podnik *Letová a technická příručka pro kluzák LG-130 Kmotr*. 1951. 21 s.
- [14] Aeron Brno spol. s.r.o. *Letová a technická příručka pro kluzák LF-109 Pionýr*. 1994. 15 s.
- [15] VEJVODA, Ladislav - PLACHÝ, Jan. *Větroně v Československu a České republice od r. 1945*. 1. vydání, Cheb: Svět křídel, 2009. 273 s. ISBN 978 80 86808 64 2

- [16] LET Kunovice *Směrnice pro pilota větroně L-13*. 3. vydání, 1986. 31 s.
- [17] LET Kunovice *Technická příručka kluzáku L-13*.
- [18] [online]. [cit. 5. 5. 2011]. <<http://www.nwi.net/blanikam/ba/prod06.htm>>.
- [19] Grob Werke GMBH & CO.KG *Letová příručka pro kluzák G-103 Twin Astir*. 1980. 21 s.
- [20] [online]. [cit. 5. 5. 2011]. <<http://cdn-www.airliners.net/aviation-photos/photos/1/6/3/1636361.jpg>>.
- [21] [online]. [cit. 18. 5. 2011]. <<http://www.gliding.cz/forum/>>.
- [22] DG Flugzeugbau GmbH *Letová příručka pro kluzák DG-1000S*. 2002. 105 s.
- [23] DG Flugzeugbau GmbH *Technická příručka pro kluzák DG-1000S*. 2002. 106 s.
- [24] [online]. [cit. 18. 5. 2011]. <<http://www.dg-flugzeugbau.de/inh-dg1000-e.html>>.
- [25] [online]. [cit. 5. 5. 2011]. <<http://www.gac-ramert.eu>>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Evoluce vývoje výcvikových kluzáků [3] [4]	13
4.1	Početní zastoupení pilotů, kteří odeslali údaje o výcviku	16
4.2	Průměrný počet startů pro jednotlivé typy úloh dle osnovy AK-PL	16
5.1	Rovnováha sil v klouzavém letu [8]	19
5.2	Rychlostní polára kluzáku Discus 2	20
5.3	Rozklad sil při navijákovém startu	21
5.4	Základní letové stavy	23
5.5	Podélná momentová rovnováha v klouzavém letu	24
5.6	Směrová stabilita	24
5.7	Vznik přídavné axiální síly F_A při přistání v traverzu	26
6.1	Kluzák LG-130 Kmotr [4]	28
6.2	Kluzák LF-109 Pionýr [4]	31
6.3	Kluzák L-13 Blaník [4]	34
6.4	Kluzák L-13A Blaník [4]	38
6.5	Kluzák L-23 Super Blaník [4]	39
6.6	Kluzák L-13AC Blaník [4]	40
6.7	Kluzák Grob G-103 Twin Astir [20]	40
6.8	Kluzák DG-1001T [25]	43
A.1	Univerzální osnova výcviku na kluzácích AK-PL 2006	56
B.1	Aerovleková osnova výcviku na kluzácích AK-PL 2006	57

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

FAI Fédération Aéronautique Internationale

l Uletěná vzdálenost z výšky h

h Výška, z které kluzák uletí vzdálenost l

L Vztlaková síla

D Odporová síla

c_L Součinitel vztlaku

c_D Součinitel odporu

R Výsledná aerodynamická síla

G Tíhová síla

v_x Složka rychlosti kluzáku ve směru x

v_y Složka rychlosti kluzáku ve směru y

v_{min} Minimální rychlost kluzáku

v_{opt} Optimální rychlost kluzáku

SLZ Sportovní létající zařízení

F_e Tahová síla v navijákovém laně

U Rychlost větru

VPD Vzletová a přistávací dráha

δ Úhel snosu větrem

F_A Přídavná axiální síla zatěžující podvozek

F_T Třecí síla působící na podvozek

F_R Radiální síla působící na podvozek

IAS Indikovaná vzdušná rychlost

GS Rychlost vůči zemi

VOP Vodorovná ocasní plocha

SOP Svislá ocasní plocha

CfC kompozit-foam-kompozit

BK Brzdící klapky

SEZNAM PŘÍLOH

A	Univerzální osnova výcviku	56
B	Aerovleková osnova výcviku	57

A UNIVERZÁLNÍ OSNOVA VÝCVIKU

Osнова universálního základního výcviku		Úloha		I U	
Číslo cvič.	Obsah	Dvojí		Samostatně	
		letů	hod.	letů	hod.
1 a – i	Pozemní přípravy před zahájením výcviku				
1	Seznamovací let	1 A	0.15		
2	Cvičný let k předvedení účinků kormidel, nácviku přímého klouzavého letu a zatáček	1 A	0.20		
3	Cvičné lety k nácviku a vybírání pádů, skluzů, spirál a letů o mezních rychlostech podle letové příručky	2 A	0.30		
4 a	Pozemní příprava				
4	Cvičné lety k nácviku startu za navijákem, letu po okruhu a přistání	10 N	0.40		
5 a	Pozemní příprava				
5	Cvičné lety k nácviku oprav vadných přistání	4 N	0.12		
6 a -d	Pozemní příprava				
6	Cvičné lety k nácviku řešení mimořádných případů při startu navijákem a přistání do omezeného prostoru	11 N	0.35		
7 a	Pozemní příprava				
7	Cvičné lety k nácviku řízení aerovleku, sestupů v aerovleku uvádění a vybírání pádů spirál a vývrtek. Nácvik zatáček do stanovených směrů	3 A	1.08		
8 a	Pozemní příprava				
8 P	Přezkoušení před samostatnými lety	1 N	0.05		
		1 A	0.15		
9	Samostatný lety do prostoru a let po okruhu			1 N	0.05
				1 A	0.15
10	Samostatné a kontrolní lety po okruhu a do prostoru	A/N	X	11 N	0.44
				3 A	0,36
11a	Pozemní příprava				
11	Přistání do omezeného prostoru	2 A/N	0,10	4 AN	0.20
11NAV	Cvičný traťový navigační let	1 A/N	X		
		TMG			
	CELKEM	37	4,10	20	2,0

Obr. A.1: Univerzální osnova výcviku na kluzácích AK-PL 2006

B AEROVLEKOVÁ OSNOVA VÝCVIKU

Osnova aerovlekového základního výcviku		Úloha		I A	
Číslo cvič.	Obsah	Dvoji		Samostatně	
		letů	Hod.	letů	hod.
1 a – i	Pozemní přípravy před zahájením výcviku				
1	Seznamovací let	1 A	0.15		
2	Cvičný let k předvedení účinků kormidel, nácviku přímého klouzavého letu a zatáček	1 A	0.20		
3	Cvičné lety k nácviku a vybírání pádů, skluzů, spirál a letů o mezních rychlostech podle letové příručky	2 A	0.30		
4 a	Pozemní příprava				
4	Cvičné lety k nácviku startu, letu po okruhu a přistání	10 A	1.00		
5a	Pozemní příprava				
5	Cvičné lety k nácviku oprav vadných přistání	4 A	0.20		
6 c-d	Pozemní příprava				
6	Cvičné lety k nácviku přistání do omezeného prostoru, řešení mimořádných případů	3A	0.15		
7a	Pozemní příprava				
7	Cvičné lety k nácviku řízení aerovleku, sestupů v aerovleku uvádění a vybírání pádů spirál a vývrtek, nácvik zatáček do stanovených směrů	3 A	1.00		
8 a	Pozemní příprava				
8 P	Přezkoušení před samostatnými lety	1 A	0.20		
9	Samostatný lety do prostoru			1 A	0,15
10	Samostatné a kontrolní lety po okruhu a do prostoru	A/N	X	14 A	1,25
11a	Pozemní příprava				
11	Přistání do omezeného prostoru	2 A/N	0,10	5 A	0.20
11NAV	Cvičný traťový navigační let	1A TMG	X		
	CELKEM	28	4,10	20	2,00

Obr. B.1: Aerovleková osnova výcviku na kluzácích AK-PL 2006